

DANIELA LUCAS DA SILVA

ONTOLOGIAS PARA REPRESENTAÇÃO DE DOCUMENTOS MULTIMÍDIA: ANÁLISE E MODELAGEM

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da Escola de Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais para obtenção do grau de Doutora em Ciência da Informação.

Área de Concentração: Organização e Uso da Informação.

Orientador: Renato Rocha Souza

Co-orientadora: Lidia Alvarenga

Belo Horizonte

Escola de Ciência da Informação da UFMG

2014



UFMG

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Ciência da Informação
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação

FOLHA DE APROVAÇÃO

"ONTOLOGIAS PARA REPRESENTAÇÃO DE DOCUMENTOS MULTIMÍDIA: ANÁLISE E MODELAGEM"

Daniela Lucas da Silva

Tese submetida à Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da Universidade Federal de Minas Gerais, como parte dos requisitos à obtenção do título de "**Doutora em Ciência da Informação**", linha de pesquisa "**Organização e Uso da Informação**".

Tese aprovada em: 05 de junho de 2014.

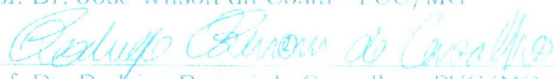
Por:

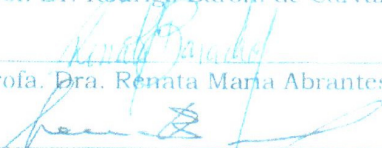

Prof. Dr. Renato Rocha Souza - FGV/RJ (Orientador)


Profa. Dra. Lidia Alvarenga - Profa. Aposentada ECI/UFMG (Co-orientadora)


Prof. Dr. Ricardo Almeida Falbo - UFES


Prof. Dr. José Wilson da Costa - PUC/MG

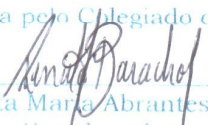

Prof. Dr. Rodrigo Baroni de Carvalho - PUC/MG


Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto - ECI/UFMG

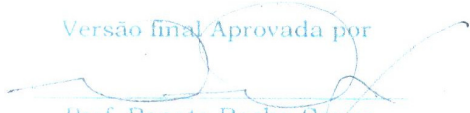

Prof. Dr. Mauricio Barcellos Almeida - ECI/UFMG


Prof. Dr. Marcello Peixoto Bax - ECI/UFMG

Aprovada pelo Colegiado do PPGCI


Profa. Renata Maria Abrantes Baracho Porto
Coordenadora

Versão final Aprovada por


Prof. Renato Rocha Souza
Orientador



UFMG

Universidade Federal de Minas Gerais
Escola de Ciência da Informação
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação

ATA DA DEFESA DE TESE DE **DANIELA LUCAS DA SILVA**, matrícula: 2009651710

Às 14:00 horas do dia 05 de junho de 2014, reuniu-se na Escola de Ciência da Informação da UFMG a Comissão Examinadora aprovada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação em 23/05/2014, para julgar, em exame final, o trabalho intitulado **Ontologias para representação de documentos multimídia: análise e modelagem**, requisito final para obtenção do Grau de DOUTORA em CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, área de concentração: Produção, Organização e Utilização da Informação, Linha de Pesquisa: Organização e Uso da Informação. Abrindo a sessão, o Presidente da Comissão, Prof. Dr. Renato Rocha Souza, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares do Trabalho Final, passou a palavra à candidata para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores com a respectiva defesa da candidata. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença da candidata e do público, para julgamento e expedição do resultado final. Foram atribuídas as seguintes indicações:

Prof. Dr. Renato Rocha Souza - Orientador	APROVADA
Profa. Dra. Lídia Alvarenga - Co-orientadora	APROVADA
Prof. Dr. Ricardo Almeida Falbo	APROVADA
Prof. Dr. José Wilson da Costa	APROVADA
Prof. Dr. Rodrigo Baroni de Carvalho	APROVADA
Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto	APROVADA
Prof. Dr. Maurício Barcellos Almeida	APROVADA
Prof. Dr. Marcello Peixoto Bax	APROVADA

Pelas indicações, a candidata foi considerada APROVADA.

O resultado final foi comunicado publicamente à candidata pelo Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, o Presidente encerrou a sessão, da qual foi lavrada a presente ATA que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora.

Prof. Dr. Renato Rocha Souza
FGV/RJ

Prof. Dr. Ricardo Almeida Falbo
UFES

Prof. Dr. Rodrigo Baroni de Carvalho
PUC/MG

Prof. Dr. Maurício Barcellos Almeida
ECI/UFMG

Belo Horizonte, 05 de junho de 2014
Profa. Dra. Lídia Alvarenga
Profa. Aposentada ECI/UFMG

Prof. Dr. José Wilson da Costa
PUG/MG

Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto
ECI/UFMG

Prof. Dr. Marcello Peixoto Bax
ECI/UFMG

Obs: Este documento não terá validade sem a assinatura e carimbo da Coordenadora.

Profa. Dra. Renata Maria Abrantes Baracho Porto
Coordenadora do Programa de Pós-Graduação
em Ciência da Informação

DEDICATÓRIA

Ao Supremo Deus por me conceder oportunidades em vivenciar experiências marcantes e evolutivas.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e a maestria pelas boas inspirações que me conduzem a estar onde estou.

Ao meu filho Pedro, o laço afetivo maior e o meu porto seguro. Grata por chegar a minha vida, filho.

A minha mãe Fátima, ao meu pai Ricardo, aos meus irmãos Marcelo e Leandro pelo apoio incondicional nesse percurso acadêmico.

As minhas lindas sobrinhas, Alice, Amandinha, Bibi, Sofia e Cecília por fazer meu coração sorrir com a luz da alegria de ser criança.

A tia Ana Bastolla, vó Fátima, vô Ricardo, vó Antônia e vó dinda Alzinete que cuidaram do pequeno grande homem, Pedro, com amor nas minhas idas ao encontro da tese. Minha eterna gratidão.

A família de Vitória, em especial Alzinete e Nádia, que me acolheu com carinho e cuidado quando aqui cheguei.

Ao Renato, amigo e orientador, que me assistiu, me ouviu, com atenção, nesses últimos oito anos nas pesquisas acadêmicas e na vida pessoal. Grata, amigo.

Aos amigos e parentes, que nos querem bem.

Aos professores Maurício Barcellos, Lidia Alvarenga e Giancarlo Guizzardi que contribuíram e me serviram de inspiração na condução disciplinada das pesquisas acadêmicas.

A Universidade Federal do Espírito Santo, especialmente ao Departamento de Biblioteconomia, que me recebeu de braços abertos para o cumprimento de minha missão.

A Universidade Federal de Minas Gerais, especialmente a ECI, pela oportunidade do ingresso e fechamento desse ciclo com grande aprendizado.

As pessoas que me atenderam prontamente nas pesquisas iniciais no Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (CPDOC) da Fundação Getúlio Vargas, em especial a querida Suemi.

Aos meus queridos alunos da UFES pela compreensão na ausência em sala de aula para fechamento das pesquisas de tese.

Aos amigos do JC Vitória que me transmitem amor e esperança na caminhada da vida.

Aos eternos antepassados.

Querer
É poder
É tornar todo milagre natural
É dom nosso
Deus
É aqui
Muito além de todo mal de todo bem
É luz viva em nós.

Flávio Venturini

RESUMO

Em esfera global, observa-se nos últimos anos um crescimento significativo de dados semanticamente relacionados e distribuídos na Web. Nesse contexto, padrões de metadados recomendados pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) vêm sendo utilizados para descrever e representar recursos multimídia, possibilitando ampliar os pontos de acesso e melhorar a gestão, a organização e a recuperação de acervos digitais. Um problema comumente verificado nas instituições que fazem uso de acervos digitais das mais variadas naturezas está no tratamento integrado das bases de dados heterogêneas e na ausência de padronização nos formatos de descrição. A descrição de inúmeros itens geralmente é realizada de maneira independente, com padrões idiossincráticos de descrição, ressaltando diferentes características a serem descritas e diferentes terminologias para descrevê-las. A presente tese buscou avançar nas pesquisas sobre representação semântica de documentos não necessariamente textuais, mas envolvendo também vídeos, imagens, áudios, propondo um modelo conceitual de referência multimídia capaz de organizar sistematicamente tipologias de metadados existentes para descrição de conteúdo multimídia frente a variados contextos e necessidades. A proposta de modelagem foi fundamentada metodologicamente em ontologias multimídia mais bem colocadas em um *ranking* obtido a partir de uma avaliação criteriosa em dimensões concernentes a reuso de ontologias, o que assegurou a seleção de recursos de conhecimento adequados para a integração na proposta de conceituação do modelo. A proposta do modelo conceitual de referência multimídia buscou cobrir requisitos funcionais e não funcionais 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 principalmente a aplicações que lidam com recursos de informação na Web.

Palavras-chave: Representação do conhecimento. Anotação semântica. Ontologias.

Ontologias multimídia. Padrões de metadados. Web Semântica.

ABSTRACT

At the global level, it is evident the significant growth of semantically related data on the Web. Metadata standards recommended by the World Wide Web Consortium (W3C) have been used to describe and represent multimedia resources, enabling and expanding the access and improving the management, organization and retrieval of digital archives. A common issue in institutions that make use of digital archives of various natures is the integrated approach to heterogeneous databases and the lack of standardization in the description formats. The description of the items is usually performed independently, with idiosyncratic patterns of description, highlighting different features to be described and using different terminology to describe them. This thesis aimed at advancing the research state-of-art on semantic representation of documents in not only textual formats, but also involving multimedia content, as videos, images and audio; proposing a reference multimedia conceptual model, that allow for the systematic organization of typologies of existing metadata for describing multimedia content across a variety of contexts and needs. The modeling approach was methodologically based on the best multimedia ontologies, evaluated in regard to the reuse, which ensured the selection of appropriate knowledge resources for the integration in the conceptualization model proposed. This model sought covering functional and non-functional requirements determined in the research, proposing fundamental ontological classes and relationships arising from the combination and alignment of previously analyzed and evaluated multimedia ontologies, providing a comprehensive architecture for the semantic organization of multimedia metadata, addressed mainly to applications that deal with information resources on the Web.

Keywords: Knowledge representation. Semantic annotation. Ontologies.

Multimedia ontologies. Metadata standards. Semantic Web.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação de documentos multimídia - panorama atual.....	40
Figura 2 - Relações entre conceituação, modelo, linguagem de modelagem e especificação ..	54
Figura 3 - Uma rede semântica com dois objetos e quatro categorias	60
Figura 4 - Declarações em lógica de primeira ordem.....	63
Figura 5 - Arquitetura de um sistema baseado em lógica descritiva	66
Figura 6 - Entidades FRBR do Grupo 1 e seus níveis de abstração	69
Figura 7 - Representação de uma ontologia e sua relação com a conceituação	82
Figura 8 - Tipos de ontologias	83
Figura 9 - Cenários NeOn para construção de ontologias em rede	89
Figura 10 - Exemplo de anotação em uma região específica da imagem.....	96
Figura 11 - Modelo de anotação por meio de tags	98
Figura 12 - Modelo de anotação por meio de atributos	99
Figura 13 - Modelo de anotação por meio de relações.....	100
Figura 14 - Vocabulário controlado como suporte a anotação e busca	102
Figura 15 - Modelo de anotação por meio de ontologias	103
Figura 16 - Conjunto de especificações para a Web Semântica.....	106
Figura 17 - Exemplo de um documento em XML	109
Figura 18 - Modelo de dados representado em RDF.....	110
Figura 19 - Exemplo de código em RDF.....	110
Figura 20 - Um exemplo de herança entre duas classes em RDFS	111
Figura 21 - Um exemplo de herança entre propriedades em RDFS	112
Figura 22 - Declarações de namespaces na especificação da ontologia OWL.....	115
Figura 23 - Exemplo de informações adicionais sobre uma ontologia OWL	115
Figura 24 - Definição de classe e especialização em OWL	116
Figura 25 - Exemplo de formalização de uma classe em OWL	116
Figura 26 - Exemplo de propriedade datatype em OWL	116
Figura 27 - Exemplo de propriedade de objetos em OWL.....	117
Figura 28 - Exemplo de utilização do quantificador existencial em OWL	117
Figura 29 - Exemplo de utilização do quantificador universal em OWL.....	118
Figura 30 - Exemplo de utilização da restrição de cardinalidade em OWL.....	118
Figura 31 - Construtores de classe OWL	119
Figura 32 - Axiomas OWL.....	119
Figura 33 - Diagrama da nuvem LOD.....	121
Figura 34 - Principais elementos do MPEG-7.....	129
Figura 35 - Visão geral do Esquema de Descrição Multimídia MPEG-7	135
Figura 36 - Relacionamentos espaço temporal entre segmentos MPEG-7	138
Figura 37 - Esquemas de descrição para aspectos conceituais MPEG-7	139
Figura 38 - Taxonomia de classes da Media Ontology	181
Figura 39 - Modelo conceitual da Media Ontology	182
Figura 40 - Axiomatização da classe MediaResource da Media Ontology.....	183
Figura 41 - Taxonomia de conceitos da DOLCE	186
Figura 42 - Taxonomia central de conceitos da COMM.....	188
Figura 43 - Taxonomia das classes centrais do padrão de decomposição da COMM	189
Figura 44 - Taxonomia do padrão de anotação de conteúdo da COMM	190
Figura 45 - Taxonomia do padrão de anotação de mídia da COMM.....	191
Figura 46 - Taxonomia do padrão de anotação semântica da COMM.....	192
Figura 47 - Axiomatização da classe media-format-descriptor da COMM	192
Figura 48 - Taxonomia de classes da MCO	196

Figura 49 - Axiomatização da classe MultimediaContentItem da MCO	197
Figura 50 - Taxonomia de classes da MDO	198
Figura 51 - Axiomatização da classe DominantColor_Descriptor da MDO	198
Figura 52 - Visão integrada dos módulos da M3 Ontology Network	202
Figura 53 - Modelo conceitual da M3 Multimedia.....	203
Figura 54 - Taxonomial central da M3 Multimedia	204
Figura 55 - Axiomatização da classe ImageFormat da M3 Multimedia	205
Figura 56 - Modelo conceitual da ontologia de futebol integrada a M3	206
Figura 57 - Identificação de recursos na M3O	210
Figura 58 - Separação de objetos de informação e realização da informação na M3O	211
Figura 59 - Padrão de anotação da M3O	212
Figura 60 - Anotação de entidades de informação na M3O	212
Figura 61 - Padrão de decomposição da M3O	213
Figura 62 - Decomposição de entidades de informação na M3O	213
Figura 63 - Padrão de proveniência da M3O.....	214
Figura 64 - Padrão de coleção da M3O	215
Figura 65 - Taxonomia de conteúdo multimídia MPEG-7 Hunter.....	218
Figura 66 - Taxonomia de descritores visuais MPEG-7 Hunter	219
Figura 67 - Taxonomia de entidades não multimídia MPEG-7 Hunter	219
Figura 68 - Taxonomia de tipos de esquemas MPEG-7 Rhizomik	222
Figura 69 - Taxonomia de classes multimídia MPEG-7 Rhizomik	223
Figura 70 - Axiomatização da classe VideoSegmentType MPEG-7 Rhizomiki.....	223
Figura 71 - Taxonomia de alto nível do projeto SmartWeb	225
Figura 72 - Taxonomia de conteúdo e segmentos multimídia SmartWeb MPEG-7	226
Figura 73 - Taxonomia de decomposição de segmentos multimídia SmartWeb MPEG-7...	227
Figura 74 - Integração promovida pela ontologia SmartWeb MPEG-7	227
Figura 75 - Decomposição e anotação semântica de mídia SmartWeb MPEG-7	228
Figura 76 - Parte da taxonomia da Polysema MPEG-7 MDS	231
Figura 77 - Característica de axiomatização da Polysema MPEG-7 MDS	231
Figura 78 - Exemplo de restrição para a classe Media_Creation do modelo proposto	297
Figura 79 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades centrais.....	299
Figura 80 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades de anotação	300
Figura 81 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades de decomposição	301
Figura 82 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades de coleção	302
Figura 83 - Esquema do portal semântico do CPDOC.....	311

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Vocabulários relevantes para o contexto multimídia	35
Quadro 2 - Esquema sinóptico de normas e modelos para catalogação.....	50
Quadro 3 - Diferenças entre sistemas convencionais e sistemas baseados em conhecimento ..	58
Quadro 4 - Representação do Frame Móvel.....	61
Quadro 5 - Características específicas para descrição de segmentos MPEG-7.....	137
Quadro 6 - Descritores Dublin Core.....	142
Quadro 7 - Relação entre objetivos geral e específicos da tese e cenários NeOn	148
Quadro 8 - Equivalência semântica entre descritores Dublin Core e MPEG-7.....	152
Quadro 9 - Mapeamento de ontologias multimídia na literatura.....	156
Quadro 10 - Lista I: ontologias multimídia selecionadas na literatura.....	157
Quadro 11 - Lista II: ontologias multimídia selecionadas em repositórios Web	160
Quadro 12 - Lista unificada: ontologias multimídia candidatas a reuso	162
Quadro 13 - Critérios para a avaliação de ontologias multimídia candidatas a reuso.....	164
Quadro 14 - Exemplos de categorias básicas da DOLCE	186
Quadro 15 - Subclasses de segmentos da MPEG-7 Hunter	217
Quadro 16 - Estratégias de modelagem para metadados descritivos de conteúdo	246
Quadro 17 - Estratégias de modelagem para metadados descritivos de conteúdo	247
Quadro 18 - Quadro sinóptico da análise de conteúdo documental (a).....	260
Quadro 19 - Quadro sinóptico da análise de conteúdo documental (b).....	261
Quadro 20 - Quadro sinóptico da análise de conteúdo das ontologias multimídia	262
Quadro 21 - Resultado dos critérios avaliados nas ontologias multimídia	263
Quadro 22 - Alinhamentos frente aos requisitos funcionais do modelo de referência.....	278
Quadro 23 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: criação e produção da mídia (a).....	279
Quadro 24 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: criação e produção da mídia (b).....	280
Quadro 25 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: classificação da mídia.....	280
Quadro 26 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: informação da mídia (a).....	281
Quadro 27 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: informação da mídia (b)	282
Quadro 28 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: informação de uso da mídia.....	282
Quadro 29 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: estruturas visuais básicas.....	282
Quadro 30 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: cor.....	283
Quadro 31 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: textura.....	284
Quadro 32 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: forma	285
Quadro 33 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: localização.....	285
Quadro 34 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: movimento	286
Quadro 35 - Análise M3O para metadados descritivos de conteúdo: semântica de conteúdo (a).....	287
Quadro 36 - Análise M3O para metadados descritivos de conteúdo: semântica de conteúdo (b)	288
Quadro 37 - Análise M3O para metadados descritivos de conteúdo: organização de conteúdo	288

Quadro 38 - Análise M3 para metadados descritivos de conteúdo: navegação e acesso	289
Quadro 39 - Análise M3 para metadados descritivos de conteúdo: conteúdo falado associado a áudio	289
Quadro 40 - Análise M3 para metadados descritivos de conteúdo: elementos comuns para segmentos	290
Quadro 41 - Proposição de classes de entidades de informação para o modelo	291
Quadro 42 - Arranjo e criação de recursos de conhecimento para o modelo (a)	292
Quadro 43 - Arranjo e criação de recursos de conhecimento para o modelo (b)	293

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Pontuação das ontologias multimídia na dimensão custo de reuso	235
Gráfico 2 - Mensuração para o critério anotações na terminologia compatibilizada	237
Gráfico 3 - Pontuação das ontologias multimídia na dimensão esforço para entendimento..	238
Gráfico 4 - Cobertura de metadados para as ontologias multimídia	240
Gráfico 5 - Índice de cobertura de requisitos funcionais das ontologias multimídia	248
Gráfico 6 - Pontuação das ontologias multimídia na dimensão esforço para integração	251
Gráfico 7 - Mensuração para o critério axiomas na terminologia compatibilizada.....	255
Gráfico 8 - Pontuação das ontologias multimídia na dimensão confiabilidade	256
Gráfico 9 - Atuação das ontologias nas dimensões para reuso.....	257
Gráfico 10 - Panorama comparativo das dimensões para reuso	258
Gráfico 11 - <i>Ranking</i> das ontologias multimídia candidatas a reuso	271

SUMÁRIO

1- INTRODUÇÃO	16
1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA	19
1.2 QUESTÕES DA PESQUISA	21
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	22
1.4 CONTRIBUIÇÕES DA TESE	22
1.5 ESTRUTURA DA TESE	23
2- ESTADO DA ARTE: REPRESENTAÇÃO DE DOCUMENTOS (MULTIMÍDIA)	24
3- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	41
3.1 ORGANIZAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO	42
3.1.1 Representação descritiva de documentos	46
3.1.2 Representação temática de documentos	51
3.1.3 Modelagem conceitual	52
3.1.3.1 Contribuições da CC e da IA	56
3.1.3.2 Contribuições da CI	66
3.2 ONTOLOGIAS NA ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	71
3.2.1 Ontologia e sua abordagem multidisciplinar	72
3.2.1.1 Ontologia na filosofia	73
3.2.1.2 Ontologia na ciência da computação	75
3.2.1.3 Ontologia na ciência da informação	77
3.2.2 Ontologia e conceituação	80
3.2.3 Tipos de ontologias	82
3.2.4 Engenharia de ontologias	84
3.3 ANOTAÇÃO (SEMÂNTICA) DE DOCUMENTOS MULTIMÍDIA	91
3.3.1 A natureza da informação multimídia	91
3.3.2 Modelos de anotação	95
3.3.2.1 Modelo de anotação por meio de <i>tags</i>	97
3.3.2.2 Modelo de anotação por meio de atributos	98
3.3.2.3 Modelo de anotação por meio de relações	99
3.3.2.4 Modelo de anotação por meio de ontologias	101
3.3.3 Web Semântica e tecnologias subjacentes	105
3.3.3.1 XML - padrão para descrição de dados semiestruturados	107
3.3.3.2 RDF – <i>Resource Description Framework</i>	109
3.3.3.3 RDFS – <i>Resource Description Framework Schema</i>	111
3.3.3.4 OWL – <i>Web Ontology Language</i>	113
3.3.3.5 Web semântica e dados abertos interligados (<i>Linked Open Data</i>)	119
3.3.4 Padrões de metadados multimídia	122
3.3.4.1 O padrão MPEG-7	126
3.3.4.1.1 Características, principais elementos e aplicações envolvidas	128
3.3.4.1.2 Descritores de tipo Visual MPEG-7	130
3.3.4.1.3 Descritores de tipo Áudio MPEG-7	131
3.3.4.1.4 Esquemas de Descrição Multimídia	134
3.3.4.2 O padrão Dublin Core	141
3.4 CONTRIBUIÇÕES DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA A TESE	143
4- METODOLOGIA DE PESQUISA	145
4.1 FUNDAMENTOS DA PESQUISA	145
4.2 MODELO ONTOLÓGICO MULTIMÍDIA: PLANO DE CONSTRUÇÃO	147
4.2.1 Determinação dos requisitos para a descrição multimídia	149

4.2.2	Identificação e seleção de ontologias multimídia candidatas a reuso	154
4.2.2.1	Identificação de ontologias multimídia na literatura	155
4.2.2.2	Identificação de ontologias multimídia em repositórios Web	158
4.2.2.3	Unificação das listas de ontologias e considerações sobre a seleção	161
4.2.3	Análise, avaliação e comparação das ontologias candidatas a reuso	162
4.2.3.1	Critérios de análise e avaliação	163
4.2.3.2	Processo de análise documental e de conteúdo	171
4.2.3.3	Método de pontuação para <i>ranking</i> de ontologias multimídia	174
4.2.4	Proposição do modelo conceitual de referência multimídia	176
5-	APRESENTAÇÃO DAS ANÁLISES DAS ONTOLOGIAS MULTIMÍDIA	178
5.1	MEDIA ONTOLOGY	179
5.2	COMM: <i>Core Ontology for Multimedia</i>	184
5.3	BOEMIE: <i>Multimedia Content Ontology and Multimedia Descriptors Ontology</i>	194
5.4	M3 MULTIMEDIA	201
5.5	M3O: <i>Multimedia Metadata Ontology</i>	208
5.6	MPEG-7 HUNTER	217
5.7	MPEG-7 RHIZOMIK	221
5.8	SMARTWEB MPEG-7	224
5.9	POLYSEMA MPEG-7 MDS	230
6 -	ANÁLISE COMPARATIVA DAS ONTOLOGIAS MULTIMÍDIA	233
6.1	CUSTO DE REÚSO	234
6.2	ESFORÇO PARA ENTENDIMENTO	235
6.3	ESFORÇO PARA INTEGRAÇÃO	239
6.3.1	Requisitos funcionais cobertos para metadados multimídia	240
6.3.2	Adequação a extração de conhecimento, a convenção de nomes e a linguagem de implementação	248
6.4	CONFIABILIDADE	252
6.5	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ANÁLISE COMPARATIVA	256
7-	PROPOSIÇÃO DO MODELO CONCEITUAL DE REFERÊNCIA MULTIMÍDIA	264
7.1	REQUISITOS DO MODELO CONCEITUAL DE REFERÊNCIA	265
7.2	SELEÇÃO DAS ONTOLOGIAS MULTIMÍDIA ADEQUADAS A REÚSO	270
7.3	ESPECIFICAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL DE REFERÊNCIA	274
7.4	CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O MODELO DE REFERÊNCIA	303
8-	CONCLUSÕES DA TESE	305
9-	PESQUISAS FUTURAS	310
	REFERÊNCIAS	313
	APÊNDICE A - Requisitos para descrição de documentos multimídia	330
	APÊNDICE B - Estratégia de busca adotada nas máquinas Watson online e Swoogle	339
	APÊNDICE C - Relação do material usado para coleta e registro de dados	341

1- INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial de informações, ocasionado principalmente pelas facilidades introduzidas pelas tecnologias da informação e comunicação, vem impondo desafios no processo de produção, organização e disseminação de informação em unidades de informação como arquivos, bibliotecas, museus, centros de documentação e projetos de memória. Tais desafios encontram-se principalmente na descaracterização do formato de produção e consumo de informação associado a seus usuários. Na visão de Dodebei (2009), a descaracterização é decorrente da digitalização das coleções, pois sua disponibilização na Internet rompe com o controle do equilíbrio entre oferta e demanda de informações e transfere para o ambiente digital o problema da gestão de informação. Segundo a autora, a sociedade se depara com vários projetos que buscam garantir o acesso a tudo que já foi produzido pela humanidade e há uma mobilização de recursos financeiros, humanos e materiais para garantir o direito à memória. Contudo, levantam-se lacunas acerca dos modelos adequados de produção de conhecimento que poderiam ser concebidos para representar o ciclo das informações que transitam no ciberespaço, além de estudos aprofundados que possam explicitar e orientar a constituição dos estoques de informação (BARRETO, 2002; DODEBEI, 2009).

Pesquisas têm sido desenvolvidas progressivamente nos campos das ciências da informação e da computação, visando a estudos sobre a problemática do excesso de informações e sua organização, com o objetivo de melhorar a eficácia dos sistemas de recuperação de informação. Podemos citar, dentre outras, algumas pesquisas nessa perspectiva voltadas à exploração semântica da informação, tais como: a) a Web Semântica e sua proposta emergente de *Linked Data* que intencionam criar metodologias, tecnologias e padrões de metadados para aumentar o escopo da interoperabilidade¹ e da integração plena de informações heterogêneas entre sistemas de informação (BERNERS-LEE, HENDLER e LASSILA 2001; BERNERS-LEE, 2006; DOMINGUE, FENSEL e HENDLER, 2011); b) instrumentos de representação de relacionamentos semânticos e conceituais como ontologias (GRUBER, 1993a; GUARINO, 1998; SMITH, 2004; GUIZZARDI, 2005) e vocabulários controlados (DAHLBERG, 1978; ANSI, 2005; SILVA, SOUZA e ALMEIDA, 2008) objetivando endereçar problemas relacionados à interoperabilidade de sistemas e bases de

¹ Interoperabilidade será assunto corrente nesta pesquisa. De modo a clarear o sentido do termo nesse ponto da pesquisa, elucida-o sobre dois aspectos: i) sintático; e ii) semântico. No primeiro caso, os dados precisam ser representados em estruturas e formatos similares; e no segundo, os esquemas de metadados e vocabulários associados precisam ter significado livre de ambiguidade (NIXON et al, 2011, p.954).

dados, além das dificuldades intrínsecas à manipulação da linguagem natural como, por exemplo, as questões de polissemia e sinonímia; e c) modelos conceituais e de referência que orientam a modelagem da realidade documental e o processo de busca e recuperação da informação como o FRBR – *Functional Requirements for Bibliographic Records* (IFLA, 1998) e o CIDOC CRM – *International Committee for Documentation/Conceptual Reference Model* (CROFTS, 2005).

Uma das principais mudanças que reflete a Web é a desterritorialização do documento e a sua desvinculação de uma forma física tradicional como o papel, possibilitando uma integração entre diferentes suportes (texto, imagem, som, vídeo), além da modificação na forma linear de acesso a essas mídias digitais promovida pela inserção das tecnologias hipertexto e hipermídia. A aplicação de tecnologias da Web para uma variedade de domínios e áreas específicas impulsiona a inovação, resultando no aumento do número de adeptos, como por exemplo, You Tube², Organizações Globo³, Facebook⁴ para conteúdo de vídeos, notícias e redes sociais, respectivamente. Os setores afetados são amplos incorporando negócios, ciência, governo, mídia, cultura, dentre outros (DOMINGUE, FENSEL e HENDLER, 2011). Outra mudança que reflete as mídias digitais são os dispositivos eletrônicos (*tablets*, câmeras digitais, filmadoras, telefones inteligentes, MP3 *players*, televisores) integrados à Web que permitem o consumo e a gestão de conteúdo digital multimídia, propiciando um crescimento da disponibilidade da mídia. Tal crescimento torna-se incontrolável sem o apoio de tecnologias de informação para seu armazenamento, organização e recuperação.

Em esfera global, observa-se nos últimos anos um crescimento significativo de dados semanticamente relacionados e distribuídos na Web – o que se tem sido denominado na literatura de *Linked Data* (SCHANDL et al., 2011). Nesse contexto, padrões de metadados recomendados pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) vêm sendo utilizados para descrever e representar recursos multimídia, possibilitando ampliar os pontos de acesso e melhorar a gestão, a organização e a recuperação de acervos digitais. Entretanto, o relacionamento entre multimídia e *Linked Data* ainda é pouco estudado nas comunidades multimídia e ciência da Web (SCHANDL et al., 2011), abrindo-se oportunidades de pesquisa voltadas a tecnologias eficientes para geração, exposição, descobrimento e consumo de recursos multimídia semanticamente vinculados na Web.

² www.youtube.com

³ <http://www.slideshare.net/renangpa/introduo-a-web-semantica-e-o-case-da-globocom>

⁴ <http://www.facebook.com>

Utilizar metadados é a forma mais comumente empregada para agregar semântica a informações (GILLILAND-SWETLAND, 2000) com o propósito de facilitar a busca de recursos informacionais. Em se tratando de documentos textuais, o conhecimento embutido nos mesmos tradicionalmente é gerenciado com o uso de metadados por meio de palavras-chave, informação sobre autoria, publicação, etc. No caso de documentos multimídia, os metadados podem ser usados tanto para descrever atributos técnicos de baixo nível de conteúdo (cores, texturas, timbres de som, descrição de melodia) quanto para descrever características semânticas de alto nível como, por exemplo, classificação de gênero ou representação de informação sobre pessoas retratadas na mídia.

No escopo da Web Semântica (BERNERS-LEE, HENDLER e LASSILA 2001), os metadados são agregados através das chamadas linguagens de marcação (do inglês, *markup languages*). Estas linguagens, cujo padrão mais conhecido e utilizado é o XML (*eXtensible Markup Language*), definem *tags* ou marcações que são adicionadas aos dados a fim de indicar alguma informação importante. Ainda que o padrão XML tenha se tornado bastante popular, logo se percebeu que somente esse padrão não é suficiente para permitir a correta interpretação das informações por um sistema informatizado, pois tal sistema não consegue inferir, através das marcações, o que uma informação significa. Tal limitação pode acarretar deficiências nas buscas e na interoperabilidade entre sistemas.

Alternativas estão sendo propostas para este problema pelo W3C no projeto da Web Semântica que objetiva fornecer um conjunto de padrões abertos para operar junto a recursos heterogêneos, no sentido de promover sintaxe e métodos comuns para favorecer a interoperabilidade. Uma dessas alternativas é a adoção de ontologias para a compatibilização de conceitos encontrados em bancos de dados dos mais diversos tipos na Web. As ontologias apresentam-se como possibilidades de representação de conhecimento em sistemas de informação na medida em que buscam organizar e padronizar conceitos, termos e definições aceitas por uma comunidade particular. Várias linguagens baseadas em XML têm sido propostas para representar ontologias como RDF (*Resource Description Framework*), RDF Schema e OWL (*Ontology Web Language*); além da linguagem de consulta para dados modelados em RDF, a SPARQL (ALLEMANG e HENDLER, 2008). Tais tecnologias permitem que a máquina interprete as marcações com semânticas bem definidas e necessárias para garantir, por exemplo, que o anotador e o consumidor da anotação compartilhem o mesmo significado perante um recurso.

Anotação semântica formalmente identifica conceitos e relações entre conceitos em documentos e é direcionada principalmente para uso de máquinas. Anotações semânticas

baseadas em ontologias beneficiam sistemas de recuperação de informação e melhoram questões de interoperabilidade (UREN et al., 2005; BÜRGER et al., 2009; HUNTER, 2009; DOMINGUE, FENSEL e HENDLER, 2011). No primeiro caso, a recuperação da informação é melhorada na execução de buscas, que aproveitam de ontologias para fazer inferências sobre dados de fontes heterogêneas. No que tange à interoperabilidade, as organizações que possuem bases de dados legadas⁵ geralmente lidam com dados não integrados e em diferentes formatos. Nessas circunstâncias, anotações que fazem uso de ontologias podem fornecer uma estrutura semântica comum para a integração de dados advindos de bases heterogêneas.

Diante ao exposto, a presente tese busca avançar nas pesquisas sobre representação semântica de documentos não necessariamente textuais, mas envolvendo também vídeos, imagens, áudios, propondo o uso de ontologias para viabilizar o tratamento semântico de descritores para documentos multimídia em um dado domínio. Tal proposta culmina em mudanças significativas nos modelos de organização e representação do conhecimento no espaço digital no que tange a propostas de melhorar os sistemas de busca, navegação e recuperação por meio da agregação de abordagens semânticas aos recursos na Web, de forma a obter resultados relevantes pelos usuários. Objetiva-se, assim, apresentar uma proposta de modelagem conceitual multimídia fundamentada em recursos de conhecimento representativos e selecionados por meio de *ranking* de ontologias multimídia candidatas a reuso.

1.1 DELIMITAÇÃO DO PROBLEMA

Em instituições particulares e públicas, os acervos contendo arquivos digitais (disponíveis em sua maioria em portais, bibliotecas digitais, bases de dados *online*) se expandem a cada dia. Dentre esses arquivos encontram-se textos, imagens, sons digitalizados, vídeos das mais variadas naturezas (fotografias, cartas, desenhos, periódicos, entrevistas em áudio e vídeo, gravações de rádio, de vídeo, dentre outros), caracterizando a multimodalidade midiática que apresenta difícil tratamento para fins de recuperação de informação.

Sistemas de informação automatizados geralmente utilizam bases de dados para descrever (ou anotar) e armazenar características dos recursos de informação disponíveis nas instituições. Um problema comumente verificado nas instituições que fazem uso de tais sistemas está no tratamento integrado das bases de dados, geralmente heterogêneas e em

⁵ Termo utilizado em referência aos sistemas de informação de organizações que, apesar de serem bastante antigos, fornecem serviços essenciais.

formatos multimídia, e na ausência de padronização nos formatos de descrição. A descrição de inúmeros itens geralmente é realizada de maneira independente, com padrões idiossincráticos de descrição, ressaltando diferentes características a serem descritas e diferentes terminologias para descrevê-las. Tal prática culmina em situações problemáticas para os sistemas de recuperação da informação como, por exemplo: i) busca feita por palavras isoladas e descontextualizadas, o que dificulta maior visibilidade do acervo sob a ótica dos usuários e, conseqüentemente, dos mecanismos de busca; ii) falta de contexto nos itens midiáticos descritos (por exemplo, como fotos e vídeos se relacionam com o texto?); iii) ambiguidade conceitual (de qual conceito precisamente está se falando?); e iv) pouca relevância para o recurso recuperado.

Conteúdos multimídia necessitam ser descritos e interpretados semanticamente por agentes humanos (usuários) e por agentes computacionais. No domínio multimídia existem lacunas associadas a questões de interoperabilidade envolvendo anotações realizadas sobre recursos multimídia. No estado da arte (apresentado no capítulo 2) sobre anotação semântica envolvendo recursos multimídia ficou evidente que há grande esforço empreendido para resolver o que se tem denominado na literatura de *gap* semântico. Tal problema envolve a falta de expressividade ou semântica associada a muitos padrões para anotação multimídia, os quais, em sua maioria, descrevem aspectos visuais de baixo nível como, por exemplo, a cor predominante de uma imagem. O padrão internacional MPEG-7, comumente usado para anotação de recursos multimídia, possui descritores para mídias, entretanto não é completamente apropriado para descrever conteúdo multimídia por duas razões: i) falta de abertura para padrões que representam conhecimento e fazem uso de vocabulários controlados existentes; e ii) ausência de semântica formal em seu esquema XML, o que impede diretamente o processamento pela máquina de anotações de conteúdo semântico.

A interoperabilidade entre diferentes padrões e metadados que descrevem documentos multimídia pode ser um benefício para acesso e (re) uso de conteúdos disponíveis na Web de dados. Atualmente, as comunidades de Web Semântica e de bibliotecas digitais vêm advogando o uso de tecnologias abertas e preconizadas pelo W3C (por exemplo, a utilização de bases de dados em padrão RDF *triplestore*). Trata-se do uso de ontologias para descrever semanticamente recursos multimídia na intenção de promover melhorias na organização da informação digital e na transmissão de significado no processo de recuperação da informação.

Atualmente, muitos formatos de metadados multimídia no escopo da Web Semântica estão disponíveis para variadas finalidades e contextos, como pode ser conferido

no capítulo 2. Desse modo, considera-se que esforços na construção de ontologias podem ser poupados tendo em vista a exploração de vocabulários existentes e disponíveis para reuso em comunidades de interesse. Contudo, surgem desafios na identificação e seleção de uma variedade de padrões de metadados, vocabulários e ontologias disponíveis e que precisam ser compatíveis com as entidades reais de um domínio específico. Tais desafios encontram-se i) no alinhamento de vocabulários e ontologias que reflete aspectos de interoperabilidade semântica e sintática para o provimento de compartilhamento entre sistemas e aplicações na web; ii) na modelagem conceitual adequada para representar consensualmente parte da realidade de um domínio; iii) no aspecto de usabilidade envolvendo usuários na geração de metadados semânticos em que são necessárias formas harmônicas de interação com o *software* e os dados; e iv) na manutenção das ontologias, que envolve a atualização do conhecimento proveniente de fontes externas, além de alinhamento sintático e semântico envolvendo os dados destas.

Abrem-se, portanto, oportunidades de pesquisa em ciência da informação e ciência da computação voltadas a tecnologias eficientes para geração, exposição, descobrimento e consumo de recursos multimídia semanticamente vinculados na Web.

1.2 QUESTÕES DA PESQUISA

De acordo com a situação problemática exibida na seção 1.1, a presente tese busca responder às seguintes questões de pesquisa:

- Como expressar a estrutura conceitual subjacente à descrição da realidade documental de tipo multimídia?
- Qual a estratégia para selecionar e alinhar eficientemente vocabulários e ontologias multimídia concebidos por comunidades distintas de modo a cobrir satisfatoriamente aspectos ontológicos da realidade documental de tipo multimídia?
- Como organizar sistematicamente as tipologias de metadados existentes para descrição de conteúdo multimídia frente a variados contextos e necessidades?

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

O objetivo geral desta tese é desenvolver um modelo conceitual de referência baseado em ontologias para o domínio de anotação de documentos multimídia.

De modo a alcançar este objetivo, as seguintes etapas são delineadas:

- Realizar estudo de iniciativas de padrões de metadados, vocabulários, ontologias e modelos conceituais voltados ao domínio da descrição multimídia.
- Identificar e selecionar recursos ontológicos e não ontológicos no domínio da descrição multimídia.
- Analisar e comparar ontologias multimídia à luz de critérios previamente propostos.
- Selecionar ontologias multimídia adequadas ao reúso de recursos de conhecimento destinados à construção do modelo proposto.

1.4 CONTRIBUIÇÕES DA TESE

A principal contribuição desta tese está em trazer à luz os padrões existentes (incluindo metadados, vocabulários e ontologias) endereçados à descrição de documentos de tipo multimídia para pesquisadores das ciências da informação e da computação. Não é de nosso conhecimento pesquisa alguma que apresente tão amplamente um alinhamento e uma comparação de várias propostas e padrões que busquem identificar todas as características que podem (e devem) ser descritas para melhor recuperação de recursos multimídia, principalmente no contexto da Web.

A característica mais marcante da estrutura comparativa envolvendo as propostas e padrões é a necessidade de integração semântica e disponibilização global de recursos multimídia na rede; e ainda de desvelar as características que poderiam, deveriam e não estão sendo descritas para caracterização desse tipo de recurso.

Por fim, e não menos importante, a proposta de um modelo ontológico para descrição de documentos multimídia contribui na intenção de organizar e representar características essenciais advindas de ontologias bem avaliadas para domínios que lidam com documentos dessa natureza.

1.5 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está estruturada da seguinte forma:

Nesta **introdução** apresenta-se a motivação do estudo, o problema da pesquisa e os objetivos a serem alcançados.

O capítulo 2 trata do **estado da arte**, envolvendo representação de documentos multimídia, apresentando o resultado de iniciativas internacionais e nacionais que estão explorando o uso de ontologias e padrões de metadados para agregar conhecimento em anotações a fim de realizar organização e integração de informações multimídia em diferentes domínios.

O capítulo 3 apresenta a **fundamentação teórica** que fornece a sustentabilidade científica e metodológica da tese.

O capítulo 4 descreve a **metodologia de pesquisa** elucidando os métodos e as técnicas utilizados para o alcance do objetivo geral da tese.

O capítulo 5 apresenta a análise das **ontologias multimídia** selecionadas para avaliação na pesquisa.

O capítulo 6 traz a **análise comparativa das ontologias multimídia** a partir de critérios pré-determinados.

O capítulo 7 apresenta o **modelo conceitual de referência multimídia**, objeto de interesse principal da tese.

O capítulo 8 se incumbe de traçar os **resultados e as conclusões** da tese.

O capítulo 9 finaliza a tese divulgando as proposições de **pesquisas futuras**.

2- ESTADO DA ARTE: REPRESENTAÇÃO DE DOCUMENTOS (MULTIMÍDIA)

O presente capítulo busca posicionar o atual estado da arte envolvendo o assunto “representação de documentos”, especialmente de tipos multimídia, na intenção de evidenciar iniciativas nacionais e internacionais que estão lidando com modelagem de documentos multimídia para melhorar o processo de busca e recuperação de informação na *World Wide Web*. Apresenta-se também a cronologia de pesquisas nos campos das ciências da informação e da computação voltados à investigação de padrões de metadados, modelos conceituais e ontologias nessa perspectiva. Na revisão em fontes de informação internacionais não se encontraram propostas de ontologias multimídia que fossem adequadas a representações completas capazes de descrever documentos em todos os seus aspectos (texto, imagem, vídeo, áudio, audiovisual, multimídia) e com características primitivas e de alto nível concernentes.

Pesquisadores renomados na área (OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004; NACK, OSSENBRUGGEN e HARDMAN, 2005; BODOFF, HUNG e BEN-MENACHEM, 2005; GEURTS, OSSENBRUGGEN e HARDMAN, 2005; OSSENBRUGGEN, STAMOU e PAN, 2006) visualizam que o progresso científico em anotação de documentos multimídia está diretamente ligado ao esforço conjunto das comunidades de Web Semântica, multimídia e biblioteca digital.

Partindo da aceção de que informação é um registro em suporte material, denominado documento, este se torna o objeto da organização. Segundo Novelino (1996), na ciência da informação, o objetivo da área de organização e representação da informação é conceber e escolher métodos e instrumentos para representar informações de modo a viabilizar a comunicação entre os usuários de um sistema de informação e o próprio sistema. Em tais métodos inserem-se as tarefas de arranjar, ordenar, dispor, classificar objetos, documentos e informações de forma a facilitar o processo de recuperação. Tal característica permite a esta ciência cumprir o seu principal propósito de levar o usuário ao encontro de suas necessidades informacionais, conforme assinala Saracevic (1996, p.47): “um campo dedicado às pesquisas científicas e à prática profissional voltadas para os problemas da efetiva comunicação do conhecimento e de seus registros entre os seres humanos”.

Svenonius (2000) elucida que a informação para ser organizada precisa ser descrita e que o produto desse processo descritivo é a representação da informação. Ressalta que alguns tipos de representação da informação são construídos através do uso de linguagens, as quais são subdivididas em linguagens que descrevem a informação (o

conteúdo) e linguagens que descrevem o documento (o suporte). Tal concepção é compartilhada por Bräscher e Café (2008, p.6) quando expõem que “a representação da informação compreende um conjunto de atributos que representa determinado objeto informacional e que é obtido pelos processos de descrição física e de conteúdo”.

A linguagem usada para descrever o documento está relacionada à análise descritiva (MEY, 1995; WYNAR, 1985) que busca retratar aspectos concretos do documento como autor, título, editora. Já a linguagem destinada à descrição do conteúdo do documento está relacionada à análise temática (CAMPOS, 2001; FUJITA, 2003; LANCASTER, 1993) que vislumbra aspectos intelectuais, como a compreensão do assunto para fins de tradução para uma linguagem documentária (vocabulário controlado, taxonomia, tesouro, ontologia, lista de cabeçalho de assunto). Tais análises são elucidadas nas seções 3.1.1 e 3.1.2, respectivamente, do capítulo de fundamentação teórica da tese.

Na representação descritiva de documentos, de natureza bibliográfica e de caráter multimídia, a criação e uso de metadados torna-se essencial para a padronização e descrição de recursos informacionais, pois promove a interpretação uniforme e universal, em qualquer idioma e em qualquer tipo de unidade de informação. O conceito de metadado será explorado no capítulo 3, mas por hora elucida-o brevemente como instrumento capaz de descrever, identificar, localizar ou facilitar a recuperação, o uso ou o gerenciamento de fontes de informação digital (SIQUEIRA e SILVA, 2011).

O uso de metadados é uma prática antiga na área de biblioteconomia (TAYLOR, 2004; BODOFF, HUNG e BEN-MENACHEM, 2005; ABBAS, 2010; CASTRO e SANTOS, 2012), uma vez que o processo de catalogação e indexação sempre foi realizado no intuito de organizar, descrever e melhorar o acesso à informação. Citam-se os formatos para dados bibliográficos *Machine Readable Cataloging Record* (MARC) e o condensado MARC21, produzidos pela *Library of Congress* a partir da década de 60 pelos avanços computacionais na época. Tal padrão de metadados tem destaque como formato de intercâmbio que adaptou as regras de catalogação do *Anglo-American Cataloging Rules* (AACR2) para sistemas informatizados. Atualmente, um novo código de catalogação denominado *Resource Description and Access* (RDA) surge como uma forma de auxiliar a interoperabilidade de metadados das bibliotecas, tendo em vista a grande quantidade de padrões de metadados usados mundialmente por essas instituições (CASTRO e SANTOS, 2012).

O padrão de metadados Dublin Core (adaptado do formato MARC) é usado como suplemento de métodos existentes para pesquisa e indexação de metadados baseados na Web, promovendo descrição para qualquer tipo de recurso, incluindo várias coleções de

documentos e de mídias. Vellucci (1998) assinala, no entanto, a importância da convergência de esforços, no intuito de conceber uma estrutura flexível para a organização e acesso a essas informações. Atualmente, as comunidades da Web Semântica e da DCMI (*Dublin Core Metadata Initiative*) progridem em caminhos paralelos e influenciam um ao outro em suas iniciativas de avanços tecnológicos (BODOFF, HUNG e BEN-MENACHEM, 2005; ISQ, 2010). Desse modo, os padrões de metadados têm a capacidade de prover um vocabulário comum para descrever uma variedade de estruturas de dados capazes de satisfazer a várias comunidades.

Uma iniciativa recente envolvendo padrões de metadados criados a partir da tecnologia XML é o *MarcOnt Initiative* (KRUK, SYNAK e ZIMMERMANN, 2005; CASTRO, 2008; CASTRO e SANTOS, 2009) para descrição de recursos bibliográficos digitais. Utiliza ontologias para contemplar aspectos semânticos de forma e de conteúdo em recursos informacionais oriundos de biblioteca digital semântica.

Na comunidade de arquivística também tem sido recorrente o uso de padrões de metadados na padronização da terminologia empregada nos planos de classificação⁶ para gestão e recuperação e na preservação documental buscando apoiar e facilitar a retenção a longo prazo da informação. Para esta comunidade, destaca-se a estrutura conceitual para metadados de preservação do *Open Archival Information System* (OAIS) ou sistema aberto de arquivamento de informações (TOMAZ e SANTOS, 2003), que está sendo usada por várias instituições para identificar seus elementos de metadados específicos: *Cornell University*, as bibliotecas nacionais da Austrália e da Nova Zelândia, *On-line Computer Library Center* (OCLC), *Michigan Institute of Technology* (MIT) dentre outras. Como implementação específica pode-se citar o padrão *Encoded Archival Description* (EAD), um esquema de dados que possibilita aos arquivistas produzirem as bases conceituais da proveniência e desenvolver descrições que facilitam a recuperação de documentos (ABBAS, 2010; TAYLOR, 2004).

Abbas (2010) contribui na elucidação de alguns esquemas de metadados utilizados por comunidades de patrimônio cultural como museus, bibliotecas, arquivos, sociedades no domínio da história, bem como organizações governamentais e privadas. Os padrões de metadados são direcionados à crescente digitalização de coleções de objetos culturais. Os projetos de digitalização necessitam padronizar aspectos únicos de coleções culturais e de imagens, bem como fornecer dados administrativos para descrever a

⁶ Esquema de distribuição de documentos em classes, e de acordo com método de arquivamento específico, elaborado a partir do estudo das estruturas e funções de uma instituição e da análise do arquivo por ela produzido (CONARQ, 2006).

digitalização, os direitos autorais e as disposições de uso dos objetos. Nesse sentido, segundo o autor, destacam-se dois esquemas: i) o padrão semântico CDWA⁷ (*Categories for the Description of Works of Art*) e sua extensão CCO (*Cataloging of Cultural Objects*); e ii) o VRA Core⁸ (*Visual Resources Association Core Categories*). O CDWA fornece um guia para descrever objetos de arte e imagens, além de incluir discussões e assuntos relacionados à construção de sistemas de informação no domínio da arte. O esquema também guia os usuários a recursos adicionais para controle do vocabulário e fornece diretrizes para a descrição de recursos de arte. O CCO é um padrão para criação de conteúdo do CDWA. Compreende 116 elementos e subelementos derivados do CDWA e fornece também diretrizes para selecionar, ordenar e formatar dados dentro de registros. O VRA Core consiste de um conjunto de elementos de metadados, os quais podem ser hierarquicamente estruturados por meio das diretrizes disponíveis em sua documentação. O conjunto de elementos fornece uma organização categórica para a descrição de trabalhos ligados à cultura visual.

Na construção de um espaço organizado de informações, bibliotecários e catalogadores exercem um papel importante na criação de metadados, principalmente na transição de informações estáticas para espaços de conhecimento dinâmico que incluem os sistemas de bibliotecas digitais, por exemplo. Segundo Haslhofer et al. (2009), o papel dos usuários de sistemas de bibliotecas digitais mudou, tendo em vista que não são mais visitantes passivos; contribuem e colaboram ativamente com seus conhecimentos nesses sistemas. Haslhofer et al. (2009) ponderam que uma técnica eficaz que permite usuários executarem esta tarefa são as anotações.

O conceito de anotação será explorado no capítulo de fundamentação teórica (seção 3.3), entretanto elucida-se esse recurso brevemente como uma forma de tornar a informação explícita de modo a adicionar significado a um recurso. Um modelo de anotação define a forma real em que a anotação é manifestada (por meio de *tags*, atributos, relações e ontologias), e como esta é ligada ao conteúdo original anotado (BÜRGER et al., 2009). Além disso, podem-se incluir várias características como informação sobre o autor (se é humano ou máquina), periodicidade, ligações para conteúdo externo estruturado ou não estruturado, ou pode especificar a parte do conteúdo original que está sendo anotado. Consequentemente, uma anotação multimídia representa informação agregada a um objeto multimídia. Uma vez que esta informação agregada normalmente descreve o objeto, considera-se a sua representação de dados como metadados descritivos (SCHANDL et al., 2011).

⁷ http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/intro_to_cco_cdwa.pdf

⁸ <http://www.vraweb.org/projects/vracore4/>

Instituições (por exemplo, as citadas por HILDEBRAND et al. 2010; PATTUELLI, 2011) que lidam com coleções de patrimônio cultural como bibliotecas, museus, dentre outras, já perceberam a importância de incorporar o conhecimento de usuários finais em termos de anotações no processo de catalogação, especialmente se o número de recursos digitais a ser gerenciado é grande e os recursos humanos disponíveis para catalogação desses itens são limitados. Essa nova forma de anotação é denominada *social tagging*, ou etiquetagem social (SCHANDL et al. 2011), em que Hunter (2009) a considera como uma subclasse especializada de sistemas de anotação promovida por tecnologias da Web 2.0. Nesse sentido, as anotações podem ser exploradas para aumentar a acessibilidade e a visibilidade de recursos digitais anotados, que normalmente é de interesse de instituições culturais.

Caldas e Moreira (2009) complementam expondo que as tecnologias no âmbito da Web 2.0 proporcionam “uma nova filosofia determinante de construção de páginas com uma interatividade maior com o usuário e um direcionamento na prestação de serviços” (CALDAS e MOREIRA, 2009, p.537). Tais tecnologias incluem a *Really Simple Syndication* (RSS), os *wikis*, as redes sociais, os *blogs* e a *folksonomia*. Este último, segundo os autores, seria um instrumento de indexação que representa uma mudança nos processos de organização e tratamento da informação na Web. Tal mudança estaria no fato de ser a indexação promovida por pessoas que disponibilizam e fazem uso dos documentos, ou seja, os próprios usuários. Alvarenga e Silva (2010, p. 73) tecem considerações sobre *folksonomias*:

[...] de natureza bastante diversa dos sistemas de recuperação de informação documentais, elas parecem consistir, em sua essência, formas customizadas de arquivamento. Cada pessoa pode etiquetar um arquivo ou um documento de forma peculiar, tomando como referência seus interesses e suas motivações. As folksonomias estão sendo vistas, por alguns pesquisadores, como possíveis substitutas dos procedimentos tradicionais de indexação, praticados nos sistemas de recuperação de informações documentais, sistemas estes de uso coletivo e institucionalizado, e que possuem, portanto, objetivos diversos dos sistemas abertos. Num primeiro momento, parece haver diferenças sensíveis entre as “nuvens temáticas” de um ambiente aberto e uma estrutura semântica, taxonômica e terminológica, calcada no consenso de grupos de pesquisadores de campos disciplinares consolidados. Tal visão, entretanto, não inviabilizaria a adoção de modelo de indexação semelhante às folksonomias, quando se pretendesse obter, por exemplo, termos candidatos à indexação, à construção de tesouros, ontologias e outros esquemas terminológicos. (ALVARENGA e SILVA, 2010, p. 73)

Nesse contexto, a Web emerge como um espaço multivariado de comunicação e compartilhamento de recursos textuais, sonoros e icônicos, em que os documentos nela presentes são concebidos por humanos e, considerando a mudança para a próxima geração baseada na semântica (BERNERS-LEE, HENDLER e LASSILA 2001; BERNERS-LEE, 2006), a importância da linguagem humana permanece. Um exemplo da importância da

linguagem humana sobre o conteúdo na Web vem do sucesso das mídias sociais como Twitter⁹, Flickr¹⁰, Picasa¹¹, YouTube e Facebook. O crescimento, por exemplo, do Twitter entre 2008 e 2009 foi de mais de 1.000% (NIXON et. al., 2011), e a cada ano há um crescimento do número de usuários publicando e consumindo *on-line* conteúdo em linguagem natural, além de outras mídias como fotos e vídeos. O portal das Organizações Globo (líder em notícias, esportes, entretenimento e vídeos) gera diariamente 5000 matérias, 500 novos vídeos e dezenas de *sites* em múltiplos domínios de informação (CAROLO, 2011). Tem-se como desafio criar e aplicar métodos eficientes de organizar uma variedade de conteúdos multimídia utilizando, para tal, modelos semânticos que objetivam organizar de forma precisa o conteúdo e transmiti-lo semanticamente livre de ambiguidades às máquinas e às pessoas usuárias.

Segundo Bontcheva e Cunningham (2011), o processo de vinculação de modelos semânticos em conjunto com a linguagem natural é referido como anotação semântica. Uren et al. (2005) ressaltam que as anotações semânticas são endereçadas especialmente para uso de máquinas em que conceitos e relacionamentos entre conceitos são formalmente explicitados nos documentos. Tais documentos não são necessariamente textuais, podendo envolver outros formatos de mídia como imagens, fotos, sons, vídeos e animações.

Segundo Nixon et. al. (2011), a comunidade multimídia adota tecnologias da Web Semântica para anotar recursos midiáticos, entretanto ressaltam que anotações multimídia apresentam vários desafios, dentre eles: i) permitir que usuários descrevam o conteúdo de recursos multimídia usando ontologias de domínios específicos; ii) permitir que usuários localizem e anotem sub-partes específicas dentro de um recurso da mídia, por exemplo, em regiões específicas de uma imagem ou objetos em movimento nas sequências de vídeos; e iii) distinguir uma variedade de tipologias de metadados existentes, juntamente com o tratamento adequado da granularidade, da expressividade e do contexto intencionado para com as anotações; tal realidade lança uma atenção especial para o compartilhamento e o reúso de anotações multimídia. Geurts, Ossenbruggen e Hardman (2005) e Ossenbruggen, Stamou e Pan (2006) complementam categorizando três problemas cruciais relacionados à anotação multimídia: i) especificação explícita de associações entre o objeto físico e o artefato digital que o representa, além dos metadados que expressam os conceitos do domínio e os metadados que tratam do suporte da mídia; ii) distinção entre as anotações no nível de conteúdo e as

⁹ [http:// www.twitter.com](http://www.twitter.com)

¹⁰ <http:// www.flickr.com>

¹¹ <http://picasa.google.com>

descrições técnicas dos itens da mídia; e iii) utilização de infra-estrutura técnica da Web Semântica por usuários finais de modo a promoverem suas próprias anotações.

Documentos digitais manifestados em tipos de mídia diversificados são indexados com base em padrões de metadados que muitas vezes se divergem em nível sintático e semântico. Isso dificulta a interoperabilidade entre sistemas devido ao fato de os padrões de descrição de conteúdos serem usados em diferentes comunidades. Atualmente, há uma proliferação de formatos de metadados¹² baseados em XML para expressar informação sobre objetos midiáticos (BÜRGER e HAUSENBLAS, 2007; GARCÍA et al., 2008; KOLAROVA, 2009; SCHANDL et al., 2011; DOMINGUE, FENSEL e HENDLER, 2011; NIXON et al., 2011). Como exemplos de formatos para imagem têm-se o metadado EXIF¹³ para fotos tiradas em câmaras digitais; o DIG35¹⁴ para parâmetros da imagem digital, criação da imagem, descrição de conteúdo (quem, o quê, quando e onde), história, direito e propriedade intelectual; e o XMP¹⁵ para descrever imagens estáticas (*still images*) usando o padrão *Dublin Core* em seu modelo nativo RDF. Como exemplos de formatos para a indústria *broadcast* têm-se os padrões de metadados desenvolvidos pela *European Broadcaster Union* (EBU): IPTC NewsML-G2 para descrever partes arbitrárias de vídeos e gerenciamento de direitos autorais; EBUCore, P-Meta e *TV-Anytime* para produção, arquivos e guias para programação eletrônica. Finalmente, como plataformas de compartilhamento de vídeos têm-se *Yahoo!*, *Media RSS* e *Google Video sitemaps*, as quais fornecem seus próprios esquemas de metadados.

O padrão de metadados comumente usado para descrição de conteúdo multimídia é o MPEG-7¹⁶ (ISO/IEC¹⁷), formalmente nomeado *Multimedia Content Description Interface* e desenvolvido pelo *Moving Picture Experts Group* (MPEG). O padrão fornece um vocabulário rico de conteúdo geral para multimídia (especialmente conteúdo audiovisual), incluindo descritores de baixo nível, extraídos da própria mídia e, de alto nível, destinados à descrição semântica. Entretanto, a falta de semântica formal do padrão não garante que os metadados MPEG-7 gerados por diferentes aplicações sejam mutuamente interpretados, causando sérios problemas de interoperabilidade nos processos de processamento e intercâmbio multimídia (OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004; NACK,

¹² Detalhes em <http://www.w3.org/2005/Incubator/mmsem/XGR-vocabularies/#types>

¹³ <http://www.exif.org/specifications.html>

¹⁴ <http://xml.coverpages.org/FU-Berlin-DIG35-v10-Sept00.pdf>

¹⁵ <http://partners.adobe.com/public/developer/en/xmp/sdk/XMPspecification.pdf>

¹⁶ <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7>

¹⁷ *International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission*

OSSENBRUGGEN e HARDMAN, 2005; GARCÍA et al., 2008; ARNDT et al., 2009; NIXON et al., 2011).

Pesquisas recentes (SCHANDL et al., 2011; SUÁREZ-FIGUEROA, ATEMEZING e CORCHO, 2013; NIXON et al., 2011; DASIOPOULOU et al., 2010; ARNDT et al., 2009; OSSENBRUGGEN, STAMOU e PAN, 2006; GEURTS, OSSENBRUGGEN e HARDMAN, 2005) evidenciam que há uma necessidade de ir além dos padrões de metadados correntes para anotar e descrever recursos multimídia. Tais padrões, baseados em formatos e linguagens diversificados, não são interoperáveis e ainda possibilitam um *gap* conceitual e semântico entre usuário e máquina. Suárez-Figueroa, Atezing e Corcho (2013) discorrem sobre *gap* semântico como uma expressão usada para referir ao desacordo entre a informação que pode ser extraída do dado e a interpretação que o usuário faz numa dada situação envolvendo o mesmo dado. No contexto multimídia, há uma falta de expressividade ou semântica associada a seus padrões cujo foco de descrição afeta mais aspectos visuais de baixo nível como, por exemplo, a cor dominante de uma imagem, do que aspectos de alto nível, como a retratação de uma pessoa em uma imagem. Desse modo, uma solução possível estaria na adoção de infraestrutura técnica da Web Semântica, como é o caso de ontologias (DASIOPOULOU et al., 2010) para melhor organizar a representação do conhecimento sobre o dado.

Durante a última década, surgiram várias iniciativas na produção de ontologias multimídia baseadas em RDF/OWL (TRONCY et al., 2007; ARNDT et al., 2007; ARNDT et al., 2009; STEGMAIER et al., 2009; DASIOPOULOU et al., 2010; NIXON et al., 2011; SCHANDL et al., 2011; SUÁREZ-FIGUEROA, ATEMEZING e CORCHO, 2013) cujos esforços objetivaram transformar padrões de metadados multimídia, como o MPEG-7, em formatos semelhantes a ontologias. Nesse contexto, destacam-se algumas iniciativas de ontologias multimídia cujos critérios de comparação (TRONCY et al., 2007) entre elas focam: i) o modo como a ontologia multimídia está ligada com a semântica do domínio específico; ii) a cobertura dada pelo padrão multimídia MPEG-7; e iii) a escalabilidade e o raciocínio de modelagem envolvendo a conceituação da ontologia. A seguir a cronologia e a descrição de algumas dessas ontologias são apresentadas brevemente, visto que algumas delas são estudadas e elucidadas em sua profundidade no capítulo 5 da tese.

Em **2001**, Jane Hunter propõe uma tradução manual do MPEG-7 em RDFS (na época DAML-OIL) objetivando seu uso numa perspectiva da Web Semântica (HUNTER, 2001). Posteriormente, esta ontologia foi traduzida em OWL, estendida e harmonizada usando

uma ontologia de alto nível denominada *ABC upper ontology*¹⁸ (LAGOZE e HUNTER, 2001) para aplicações envolvendo bibliotecas digitais. Sua versão atual (DASIOPOULOU et al., 2010) compreende classes descritas em *OWL Full* para tipos de mídias como áudio, audiovisual, imagem, multimídia e vídeo.

Em **2004**, Chrisa Tsinaraki, Panagiotis Polydoros e Stavros Christodoulakis desenvolvem manualmente a ontologia DS-MIRF (TSINARAKI, POLYDOROS e CHRISTODOULAKIS, 2005) de acordo com uma metodologia específica. A ontologia captura totalmente a semântica dos esquemas de descrição multimídia MPEG-7 e tem sido integrada com ontologias OWL no domínio de Futebol e de Fórmula 1 de modo a demonstrar como conhecimento de domínio pode ser integrado com construtores MPEG-7. A DS-MIRF tem sido direcionada para aplicações de bibliotecas digitais e *eLearning* (ensino eletrônico).

Antoine Isaac e Raphael Troncy propuseram também em **2004** uma ontologia núcleo para o domínio audiovisual (ISAAC e TRONCY, 2004) fundamentada em várias terminologias advindas do MPEG-7, TV Anytime e ProgramGuideML.

Em **2005**, Roberto García e Oscar Celma apresentaram a proposta denominada Rhizomik (GARCÍA e CELMA, 2005) que consiste num mapeamento de construtores XML *Schema* para construtores OWL. A ontologia cobre todo o padrão MPEG-7 e tem sido usada com outros esquemas XML abrangentes nos domínios de gerenciamento de direitos digitais e negócios eletrônicos.

No mesmo ano de **2005**, Nikos Simou e colegas propuseram a *Visual Descriptor Ontology* (VDO) representada em RDFS e baseada no módulo visual do padrão MPEG-7 (SIMOU et al., 2005). A VDO foi concebida para uso dentro do projeto aceMedia¹⁹ para fins de análise de vídeos e imagens. Posteriormente, um *framework* integrando a VDO e extensões espaço temporais da DOLCE (codificadas em OWL) foi proposto para conectar descrições visuais MPEG-7 de baixo nível com ontologias convencionais da Web Semântica (BLOEHDORN et al., 2005).

Em **2007**, a necessidade de cobrir vários subdomínios multimídia (áudio, vídeo, notícias, imagem, etc) com distintos padrões de propriedades culminou na convergência de esforços na construção de ontologias multimídia abrangentes levando-se em consideração padrões multimídia existentes. Richard Arndt, Raphael Troncy, Steffen Staab, Lynda Hardman e Miroslav Vacura conceberam a ontologia COMM²⁰ (*Core Ontology for*

¹⁸ Podendo também ser harmonizada com outras ontologias de alto nível como SUMO e DOLCE.

¹⁹ <http://www.acemedia.org/aceMedia>

²⁰ <http://comm.semanticweb.org/>

Multimedia) (ARNDT et al., 2007; ARNDT et al., 2009), um dos primeiros esforços nessa perspectiva. Sua versão atual contempla OWL DL e busca cobrir de forma genérica um dado domínio que faça uso de conteúdo multimídia. Uma vantagem da COMM é que sua proposta abrange uma reengenharia completa do padrão MPEG-7, segundo a sua semântica intencionada; além de ser baseada em fundamentos ontológicos considerados semanticamente ricos, os quais são fornecidos pela ontologia de fundamentação DOLCE²¹ e por princípios da engenharia de ontologias. Tais fundamentos facilitam a ligação com ontologias de domínios específicos devido a definições formais de conceitos de alto nível, isto é, categorias fundamentais como processos ou objetos físicos. A ontologia COMM é usada em projetos como o X-Media²² e o K-Space²³, assistidos pela *European Commission*.

Em 2008, o relatório final do projeto Boemie (DASIOPOULOU et al., 2008) foi publicado por Stamatia Dasiopoulou e colegas divulgando os resultados de pesquisa concernentes ao desenvolvimento das ontologias multimídia fundamentadas também no padrão de metadados MPEG-7, denominadas *Multimedia Content Ontology* (MCO) e a *Multimedia Descriptors Ontology* (MDO). A primeira representa características de estrutura de conteúdo multimídia e a segunda representa características visuais e de áudio envolvendo conteúdo de baixo nível. As ontologias multimídia são integradas com ontologias de domínio denominadas *Athletics Events Ontology* (AEO) e a *Geographic Information Ontology* (GIO). A AEO descreve o domínio de interesse do projeto Boemie relacionado a eventos públicos de atletismo em cidades europeias e a GIO descreve informação geográfica (DALAKLEIDI et al., 2011).

De acordo com Arndt et al. (2009), alguns modelos para anotação de conteúdo não multimídia são propostos por bibliotecários, como é o caso do FRBR que se propõe a especificar convenções para descritores de objetos bibliográficos. Na comunidade de patrimônio cultural (*cultural heritage*, em inglês), o modelo CIDOC-CRM foi concebido no intuito de definir uma estrutura formal para descrever conceitos e relacionamentos usados nas documentações do domínio, especialmente para instituições como museus. Um projeto de alinhamento entre o modelo FRBR e o modelo CIDOC-CRM (CROFTS, 2005; Le BOEUF, 2006; LIMA, 2008) iniciou-se em 2003 pelo grupo de trabalho composto por representantes do IFLA (*Internacional Federation of Library Associations*) e do ICOM (*International Council of Museums*). O projeto ainda encontra-se em andamento, mas a versão atual inovou-

²¹ <http://www.loa.istc.cnr.it/DOLCE.html>

²² <http://www.x-media-project.org/>

²³ <http://k-space.eu/>

se com a inserção da dimensão temporal (categoria *Evento*) no novo modelo FRBR (BEKIARI, DOERR e LE BOEUF, 2008). Arndt et al. (2009) ressaltam que os modelos FRBR e o CIDOC-CRM não são vistos como uma boa prática para interoperabilidade (por falta de padrão em suas descrições), apesar de que as propostas de modelagem usadas nesses modelos são geralmente comparadas e complementares à abordagem de ontologias de fundamentação. Hunter (2002b) na intenção de descrever objetos multimídia em museus estabeleceu uma combinação entre o modelo CIDOC-CRM e o padrão MPEG-7, gerando uma ontologia MPEG-7 especializada em tal modelo.

Uma abordagem recente proposta pelo W3C é o enriquecimento semântico sobre dados abertos e vinculados, também conhecido como iniciativa LOD - *Linked Open Data* (BERNERS-LEE, 2006). A proposta é usar os padrões abertos concebidos pelo W3C em projetos para a Web Semântica a fim de interligar e anotar dados reutilizando vocabulários, ontologias e esquemas de metadados. A proposta LOD possibilita que provedores de conteúdo multimídia enriqueçam semanticamente seus esquemas de metadados com especificações estruturadas e bem definidas de conhecimento (por meio de ontologias, por exemplo), viabilizando o consumo e o reúso de informações de alta qualidade e, muitas vezes, multilíngue fornecidas por bases de conhecimento publicamente acessíveis, como o DBpedia²⁴, por exemplo. Além disso, podem introduzir *links* para seus descritores de metadados aumentando a visibilidade e a expansão na cobertura de seus conteúdos na Web. Nesse sentido, busca-se uma visão integrada de dados e uma maximização da interoperabilidade semântica entre conjuntos de dados (*data sets*) de produtores e consumidores de conteúdo na Web. Os conjuntos de dados Geonames²⁵ e DBpedia são comumente usados e fazem parte da “nuvem LOD”²⁶. Entretanto, seus esquemas (além de outros disponíveis na nuvem) não são suficientes para uma atribuição semântica satisfatória aos dados, pois não compreendem um modelo conceitual adequado para representar parte de suas realidades (CORDEIRO et al., 2011). Além disso, possuem deficiências na qualidade das informações publicadas na nuvem: i) falta de descrição conceitual nos conjuntos de dados; ii) ausência de *links* nos esquemas de dados; e iii) falta de expressividade semântica na representação de dados (JAIN et al., 2010).

O Quadro 1 apresenta de modo sucinto alguns vocabulários (incluindo ontologias) que foram desenvolvidos nos últimos anos pelas comunidades de Web Semântica e *Linked*

²⁴ <http://dbpedia.org/About>

²⁵ <http://www.geonames.org/>

²⁶ Representação gráfica de fontes de dados populares e das ligações entre as mesmas. Cf. <http://lod-cloud.net/>

Data, os quais se mostram relevantes no contexto de anotação semântica para documentos multimídia. Tais vocabulários são considerados uma boa prática para reúso ou extensão (SCHANDL et al. 2011).

Quadro 1 - Vocabulários relevantes para o contexto multimídia

Vocabulário	Característica
<i>Dublin Core</i>	Fornece classes e propriedades genéricas para descrever artefatos criados pelo homem, principalmente no domínio bibliográfico. O vocabulário consiste em descrever principalmente proveniência, formato, idioma, direitos autorais e itens físicos. Cf. http://purl.org/dc
<i>Friend of a Friend</i>	Descreve pessoas, organizações e relacionamentos entre eles na intenção de modelar uma rede social global. Cf. http://xmlns.com/foaf/0.1
<i>Basic Geo Vocabulary</i>	Define propriedades para a representação de coordenadas geográficas (latitude, longitude e altitude). Cf. http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#
<i>Creative Commons</i>	Fornece termos e classes para representar informação legal sobre obras, licenças associadas e permissão de distribuição e uso. Cf. http://creativecommons.org/ns#
<i>Review Vocabulary</i>	Fornece termos que representam revisões, críticas e comentários para objetos arbitrários. Cf. http://purl.org/stuff/rev#
<i>Multimedia Metadata Ontology (M3O)</i>	Fornece um <i>framework</i> para a integração de aspectos centrais de metadados multimídia. Cf. http://m3o.semantic-multimedia.org/
<i>Core Ontology for Multimedia (COMM)</i>	Fornece primitivas para explicitar a composição de um objeto mídia e o que nele deve ser representado. É considerada uma ontologia bem fundamentada para anotação multimídia. Cf. http://www.uni-koblenz.de/FB4/Institutes/IFI/AGStaab/Research/comm/Ontology/
<i>W3C Exif Vocabulary</i>	Especifica formatos a serem usados para imagens e sons em câmaras digitais. Cf. http://www.w3.org/2003/12/exif/
<i>Music Ontology</i>	Define termos para uma diversidade de informação relacionada à música, variando de representação de obras musicais. Cf. http://purl.org/ontology/mo/

Fonte: elaborado pela autora.

Segundo Schandl et al. (2011), existem muitos vocabulários relevantes para anotar dados multimídia, entretanto, ressaltam que uma grande parte ainda não é utilizada no contexto de *Linked Data*. Schandl et al. (2011) destacam duas questões sobre anotação de dados num contexto de interoperabilidade envolvendo a Web de dados, a saber: i) como representar anotações de dados; e ii) como identificar fragmentos em objetos mídia. Observam-se, desse modo, lacunas envolvendo *Linked Data* para propósitos de gerenciamento de metadados multimídia. Há uma discrepância entre a necessidade de dados multimídia e o que é oferecido geralmente para publicação e consumo de *Linked Data*. A falta de métodos para gerar *links* em nível semântico para mídias e entre mídias torna-se um problema nessa perspectiva. Alguns modelos, *frameworks* e projetos que buscam tratar tais questões são encontrados na literatura e são brevemente descritos a seguir.

O primeiro modelo de anotação com tecnologias da Web Semântica surgiu nos anos 2000 com o projeto *Annotea*²⁷. O modelo utiliza a linguagem RDF para representar anotações de dados em *Web sites*, contudo oferece capacidade limitada para anotação de objetos multimídia. Outros projetos têm estendido o modelo *Annotea* no sentido de permitir anotar segmentos de objetos multimídia na Web utilizando princípios²⁸ do paradigma *Linked Data*, como identificação das anotações por meio de *Uniform Resource Identifiers* (URIs). O *framework* de anotação multimídia *LEMO* (HASLHOFER et al., 2009) utiliza o modelo *Annotea* como base para suas anotações. A ferramenta utiliza dos princípios *Linked Data* para identificar fragmentos dentro de um objeto multimídia, fornecendo um rico vocabulário para endereçar partes de recursos MPEG e codificar esta informação em um fragmento URI. O grupo de trabalho do W3C para fragmentos de mídia (*W3C Media Fragments Working Group*²⁹) lida atualmente com a recomendação para formatos de mídias independentes e meios padronizados de endereçar fragmentos de mídia espaciais e temporais na Web usando URI.

Segundo Schandl et al. (2011), a maioria das propostas de trabalho envolvendo anotações é focada na descrição e na localização de fragmentos, não tendo a preocupação em definir o conceito da anotação. Desse modo, o grupo de trabalho do W3C para anotação de mídias (*W3C Media Annotations Working Group*³⁰) vem se esforçando para melhorar a interoperabilidade entre esquemas de metadados multimídia. Para tal, o grupo definiu uma ontologia para mídias (*Media Ontology*) objetivando criar um vocabulário para descrever recursos midiáticos (diferentemente dos modelos de anotação descritos acima) por meio de um conjunto de propriedades centrais advindas de esquemas de metadados comumente usados (STEGMAIER et al., 2009; EVAIN e BÜRGER, 2011). No que diz respeito a descrições para fragmentos de recursos, a ontologia fornece propriedades de identificação de fragmentos usando as especificações do grupo de trabalho do W3C para fragmentos de mídia. Outra proposta envolvendo modelo de anotação por meio de ontologias é a *Multimedia Metadata Ontology* (M3O) (SAATHOFF e SCHERP, 2009) baseada em padrões de projeto (do inglês, *design patterns*), especialmente o padrão de anotação (do inglês, *Annotation Pattern*) que formalmente expressa anotações que podem ser associadas a entidades de informação arbitrárias.

²⁷ <http://www.w3.org/2001/Annotea/Papers/www10/annotea-www10.html>

²⁸ Os princípios do paradigma *Linked Data* são elucidados no capítulo de fundamentação teórica, seção 3.2.2.5.

²⁹ <http://www.w3.org/2008/WebVideo/Fragments/>

³⁰ <http://www.w3.org/2008/WebVideo/Annotations/>

Atemezing (2011) contribui com a proposta da *M3 Multimedia* aplicada em um caso real dentro do projeto de pesquisa espanhol Buscamedia³¹. A ontologia M3 busca reduzir o *gap* semântico no domínio de conteúdo multimídia. Para tal, em seu desenvolvimento fez-se o reuso de conceitos das ontologias multimídia COMM, Media Ontology, VDO Boemie e Music Ontology, utilizando-se da metodologia *NeOn Methodology* (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010) que se baseia em cenários para construção de ontologias em rede (com aspectos colaborativos de desenvolvimento e reuso de ontologias).

Carolo (2011) expõe os projetos iniciados em 2009 para gestão de conteúdo Web do portal das Organizações Globo envolvendo anotação semântica e ontologias. A gestão de conteúdo do portal envolve grande quantidade de matérias, vídeos e sites em múltiplos domínios de informação. A interface da ferramenta de anotação semântica adapta-se à ontologia por meio de campos e valores disponíveis e as anotações ficam armazenadas em um banco de triplas. O projeto de modelagem conceitual envolvendo a construção de ontologias de base (ou de alto nível) bem como de ontologias dentro de cada domínio é orientado por uma ontologia de fundamentação, a *Unified Foundational Ontology* (UFO) (GUIZZARDI e WAGNER, 2009). Segundo Carolo (2011), o uso de ontologias promove novas formas de organizar conteúdos do portal *Globo.com* promovendo recuperação eficaz de conteúdo por meio de relações explícitas e de mecanismos de inferências. Os projetos ainda almejam usar bases de conhecimento já consolidadas na Web de dados como DBpedia, Freebase, GeoNames, explorando desse modo o paradigma *Linked Open Data*.

O projeto do portal semântico do Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (CPDOC) (SOUZA et al., 2012) envolve o desenvolvimento de ontologias para descrição multimídia e de domínio específico para possibilitar a integração de seus sistemas junto a Web de dados. O projeto prevê a migração de todo o acervo atual para uma base de dados comum em formato RDF *triplestore*, e a unificação dos padrões de descrição entre todos os fundos e sistemas. Desse modo, pretende-se oferecer uma interface única para buscas temáticas transversais e integradas, utilizando-se conceitos e categorias de conceitos relativos ao domínio da História Contemporânea Brasileira.

Um estudo de caso no domínio de patrimônio cultural é relatado em Hildebrand et al. (2010) em que evidencia que no escopo da Web Semântica o foco na pesquisa semântica melhora o processo de busca através do uso explícito de conhecimento codificado em RDF/OWL. Na investigação, o conjunto de dados usado pertence à *Europeana*

³¹ <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/en/ontologies/224-buscamedia-ontologies-m3>

“ThoughtLab”³² que disponibiliza em seu acervo digital três tipos de fontes de dados, a saber: i) uma grande coleção que descreve obras de arte; ii) vocabulários controlados usados para anotar as obras de arte; e iii) alinhamentos entre os vocabulários. As bases de dados das coleções envolvidas pertencem às instituições *Rijksmuseum Amsterdam*, *RKDImages database of the Netherlands Institute for Art History* e *Atlas database of the Musée Du Louvre* que descreveram suas obras de arte usando o esquema de metadados VRA. As três instituições utilizam e mantêm seus próprios vocabulários que tipicamente descrevem pessoas, localizações, eventos e conceitos. Os vocabulários estão parcialmente alinhados com fontes lexicais como a WordNet RDF/OWL³³ e as do Getty³⁴, que inclui uma lista de nomes de artistas³⁵ (ULAN), um tesouro de nomes geográficos³⁶ (TGN) e um tesouro de arte e arquitetura³⁷ (AAT). Na observação dos casos de uso relacionados às estratégias de busca dos especialistas chegou-se às seguintes constatações: i) os usuários geralmente necessitam buscar nas propriedades literais dos campos de texto livre pelo fato de saberem que as anotações com termos dos vocabulários controlados geralmente são incompletas; ii) os especialistas consideram que relações de equivalência através de tesouros são úteis quando os *links* para outros tesouros trazem um nome extra ou variantes ortográficas ou traduções para outras linguagens; iii) os especialistas consideram relevante o uso de relações de especialização e generalização na busca, mas somente se os outros termos estão semanticamente próximos; ainda foi expressa a necessidade de integração semântica entre as diferentes hierarquias; e iv) os especialistas acham relevante o uso de relações associativas nos resultados de busca, pois as mesmas podem propiciar eficiência na busca, entretanto ressaltam que a forma de uso pode variar caso a caso. Finalmente, o estudo destaca novos aspectos introduzidos pelo paradigma *Linked Data*: i) a existência de múltiplos vocabulários alinhados introduz oportunidades e desafios na organização de acervos digitais; e ii) as anotações oriundas de vocabulários controlados e as relações entre os termos desses vocabulários promovem um enriquecido semântico a partir de *links* com fontes de conhecimento consolidadas, promovendo melhorias nas funcionalidades de busca e apresentação de resultados.

³² <http://www.europeana.eu/portal/thoughtlab.html>

³³ <http://www.w3.org/2006/03/wn/wn20>

³⁴ Os vocabulários Getty são mantidos através de contribuições de comunidades interessadas em suas temáticas. Apresentam terminologias estruturadas as quais são endereçadas a arte, a arquitetura, a artes decorativas, além de objetos culturais, itens de arquivos e materiais bibliográficos. Estão em conformidade com normas internacionais que fornecem informações fidedignas para catalogadores e pesquisadores, e podem ser usados para melhorar o acesso a bases de dados e Web sites. Cf. <http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/>

³⁵ <http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/ulan/>

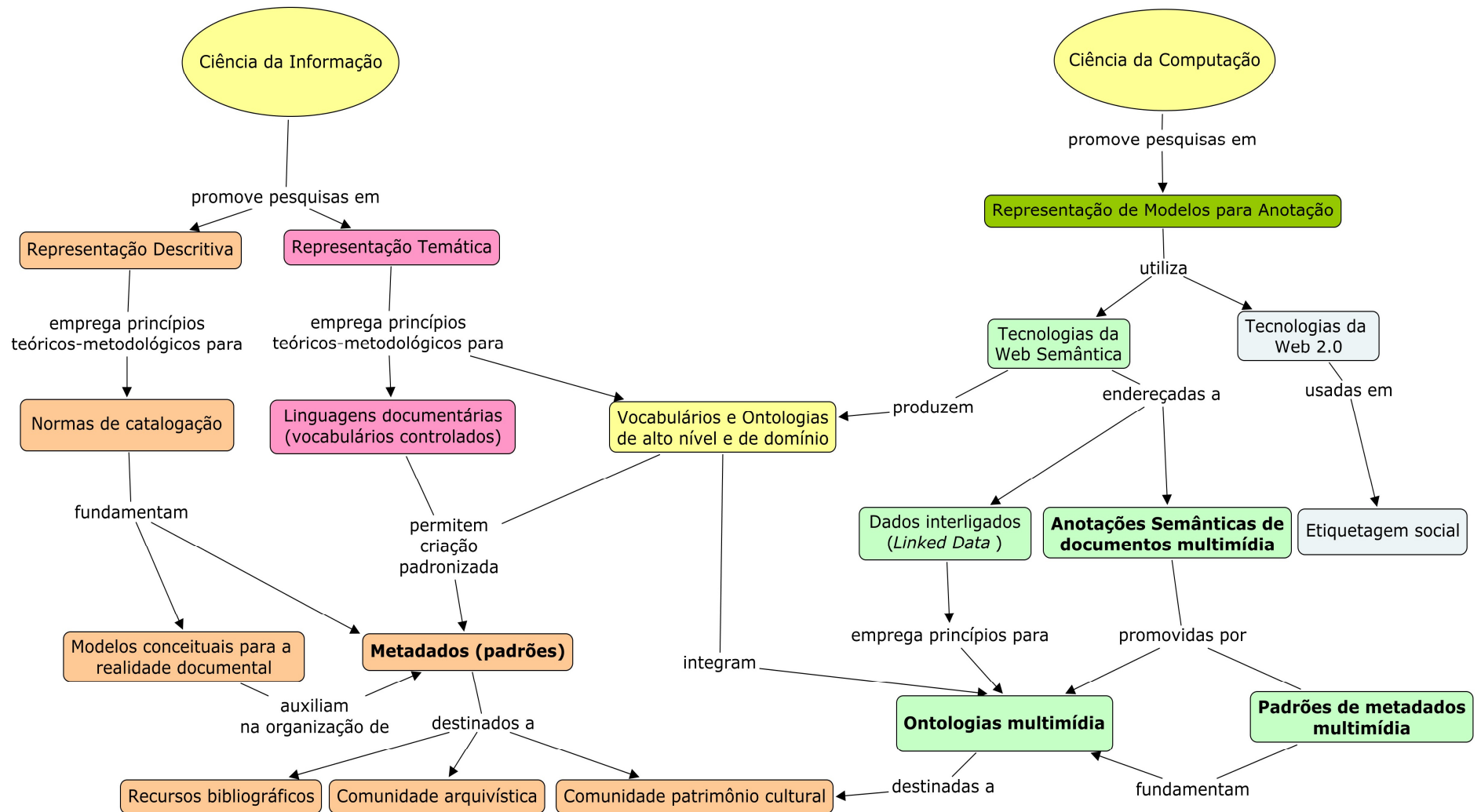
³⁶ <http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/tgn/>

³⁷ <http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/aat/>

Os casos relatados expõem comunidades que exploram o uso de ontologias e padrões de metadados para agregar conhecimento em anotações a fim de realizar organização e integração de informações multimídia em diferentes domínios. Permitem evidenciar que há esforços no desenvolvimento de padrões de metadados, vocabulários controlados e ontologias formais na tentativa de melhor representar informações visando recuperação semântica. Aliado a isto, pôde-se observar uma escassez de ontologias multimídia que adotam como teoria subjacente uma ontologia de fundamentação, tendo em vista de que esta representa ferramenta conceitual de importância para a concepção de modelos e consequentemente para a criação de ontologias de domínio de qualidade (GUIZZARDI, 2005; GUIZZARDI, FALBO e GUIZZARDI, 2008). Finalmente, grande parte dessas comunidades busca disseminar seus produtos e acervos através de bibliotecas, portais e bases de dados *online* de acesso aberto.

A Figura 1 a seguir ilustra o panorama atual concernente à representação de documentos multimídia, indicando a participação de dois campos de conhecimento – a ciência da informação e a ciência da computação – juntamente com suas disciplinas e princípios teóricos e metodológicos imprescindíveis para a evolução dos metadados às anotações semânticas. Na ilustração, destaca-se (em amarelo) a proveniência de métodos e técnicas interdisciplinares no processo de produção de vocabulários e ontologias na organização semântica da informação. Nesse sentido, o resultado do estudo do estado da arte ora apresentado neste capítulo foi essencial para o mapeamento conceitual de assuntos substanciais à concepção da fundamentação teórica da tese, apresentada no capítulo a seguir.

Figura 1 - Representação de documentos multimídia - panorama atual



Fonte: elaborado pelo autor.

3- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Os fundamentos teóricos presentes neste capítulo buscam alicerçar o trabalho desenvolvido nesta tese na intenção de promover sustentabilidade científica às pesquisas e resultados obtidos através destas. Os aportes teóricos e metodológicos delineados nesta pesquisa são oriundos especialmente dos campos da ciência da informação e da ciência da computação, contribuindo com fundamentos teóricos subjacentes à investigação empírica da pesquisa concernente às análises das ontologias e proposições de modelagem multimídia. A organização deste capítulo se deu em três assuntos essenciais ao desenvolvimento da tese, a saber: (i) organização e representação da informação e do conhecimento; (ii) ontologias na organização do conhecimento; e (iii) anotação (semântica) de documentos multimídia.

A proposta da **primeira seção** (3.1) é apresentar produtos e processos oriundos da organização e representação da informação e do conhecimento, área de importância fundamental para os campos das ciências da informação (CI) e da computação (CC). Na organização da informação, destacam-se a representação descritiva e a representação temática fundamentadas em normas e modelos cujo propósito é identificar de forma unívoca e não ambígua itens ou documentos destinados aos sistemas de recuperação de informação. Na organização do conhecimento, vislumbra-se o desenvolvimento de estruturas como vocabulários controlados, modelos conceituais, ontologias, taxonomias e outros esquemas na representação de domínios de conhecimento. Para esta representação, destacam-se disciplinas que estabelecem diálogo com a ciência da informação apoiando-a em fundamentos teórico-metodológicos na concepção de tais estruturas. É o caso da sociologia, psicologia cognitiva, filosofia, inteligência artificial, sistemas de informação, engenharia de software, lógica, apenas para citar alguns exemplos. Nesse sentido, esta seção almeja apresentar contribuições interdisciplinares que favorecem o progresso científico do campo de CI, a qual tem a informação como objeto epistemológico em suas investigações.

A **segunda seção** (3.2) fundamenta o assunto cerne da pesquisa, ontologias, apresentando a relação teórica com seu campo de origem e os interesses de pesquisa para a CI e CC. Nestes últimos, ontologias são discutidas como artefato capaz de definir e organizar formalmente as “coisas” que existem em um determinado domínio do conhecimento. A organização do conhecimento em destaque contempla aspectos semânticos envolvendo conceitos seminais à área, tais como conceituação, abstração da realidade, linguagem de modelagem e compromisso ontológico.

Finalmente, na **terceira seção** (3.3), os fundamentos teóricos presentes tornam-se cruciais para a pesquisa-tese quando buscam elucidar conceitos, modelos de representação, métodos e técnicas envolvendo descrição de documentos, especialmente em processos de anotação para vários tipos de recursos, tais como documentos textuais, imagens, vídeos, áudios, multimídia, em ambientes digitais. Para tal, são apresentados os seguintes assuntos: características da informação multimídia; padrões de metadados multimídia; modelos comumente empregados na representação de anotações; linguagens de representação no contexto da web semântica, uma das aplicações mais recentes que faz uso de modelos de anotações baseados em ontologias; além do relacionamento entre anotação de documentos multimídia e propostas recentes do W3C envolvendo o paradigma *Linked Data* e a iniciativa *Linked Open Data*.

3.1 ORGANIZAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO

Como precursor da mudança na forma de organização do conhecimento para recuperar informação pode-se destacar Vannevar Bush³⁸ que já na década de 40 afirmava que a mente humana trabalha por meio de associações. Quando uma pessoa se depara com um objeto, logo o relaciona com um próximo através da associação de ideias (BUSH, 1945). Esse processo cognitivo deve-se ao conceito que cada pessoa tem perante uma ideia. Desta maneira, Bush propõe uma técnica na seleção da informação, que indexaria de forma associativa um objeto a outro – a chamada máquina Memex. O Memex nunca foi construído, mas as ideias que inspiraram sua idealização ainda fazem parte das aspirações de pesquisadores e cientistas da atualidade. Em uma escala muito maior, enfrentam-se hoje os mesmos problemas apontados por Paul Otlet³⁹, buscando-se na tecnologia a solução para tais problemas. Alguns teóricos postulam que a ciência da informação, enquanto campo científico surge nesta época e sob essa influência, assim como a inteligência artificial (SARACEVIC, 1996).

Na literatura sobre “organização de conhecimento” encontram-se várias definições para este conceito (HODGE, 2000; VICKERY, 2008; DAHLBERG, 1993;

³⁸ Vannevar Bush (1890-1974) foi um cientista do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e chefe do esforço científico americano durante a segunda guerra mundial. Bush identificou o problema da explosão informacional, principalmente em ciência e tecnologia, e se propôs a tornar acessível um acervo crescente de conhecimento da época (SARACEVIC, 1996).

³⁹ Paul Otlet (1868-1944) cunhou o termo “Documentação”; sistematizou o conceito e previu tecnologias que seriam úteis para sua operacionalização. Entrou para a história da biblioteconomia como um dos autores da Classificação Decimal Universal, um dos exemplos mais proeminentes de documentação facetada.

ABBAS, 2010; HJØRLAND, 2003). Em muitos casos, considera-se a “organização de conhecimento” como equivalente à “organização de informação” (BRÄSCHER e CAFÉ, 2008). As autoras analisam neste trabalho o uso dos seguintes termos na CI: Organização do Conhecimento (OC), Organização da Informação (OI), Representação do Conhecimento (RC) e Representação da Informação (RI). Sintetizam algumas importantes características apresentadas por Fogl (1979)⁴⁰ apud Bräscher e Café (2008):

No contexto da OI e da RI, temos como objeto os registros de informação. Estamos, portanto, no mundo dos objetos físicos, distinto do mundo da cognição, ou das idéias, cuja unidade elementar é o conceito. A cognição, como afirma Fogl (1979, p.22), "é o processo de reflexão das leis e das propriedades de objetos e fenômenos da realidade objetiva na consciência humana". Ainda segundo o autor, o resultado da cognição é o conhecimento e não a informação. Quando nos referimos à OC e à RC, estamos no mundo dos conceitos e não naquele dos registros de informação. (BRÄSCHER; CAFÉ, 2008, pps. 5-6).

Finalmente, esclarecem sua proposta de distinção entre os dois processos de organização:

[...] um que se aplica às ocorrências individuais de objetos informacionais - o processo de organização da informação, e outro que se aplica a unidades do pensamento (conceitos) - o processo de organização do conhecimento. A OI compreende, também, a organização de um conjunto de objetos informacionais para arranjá-los sistematicamente em coleções, neste caso, temos a organização da informação em bibliotecas, museus, arquivos, tanto tradicionais quanto eletrônicos. A organização do conhecimento, por sua vez, visa à construção de modelos de mundo que se constituem em abstrações da realidade. (BRÄSCHER; CAFÉ, 2008, p.6).

Desse modo, têm-se como entendimento que organizar a informação é diferente de organizar o conhecimento, embora muitas vezes seja necessário organizar o conhecimento para organizar a informação. Tal afirmação é compartilhada por Hodge (2000), que considera os sistemas de organização do conhecimento como “o coração de toda biblioteca, museu e arquivo”, uma vez que são “mecanismos de organização da informação”, e por Vickery (2008), que os define como “instrumentos complementares que ajudam o usuário a encontrar seu caminho no texto”.

Uma definição de senso mais genérico é dada por Hjørland (2003) quando elucida que a organização do conhecimento está ligada à análise dos conceitos e relacionamentos de um domínio de conhecimento, com a consequente síntese de um Sistema de Organização do Conhecimento (do inglês, *Knowledge Organization System* - KOS). Segundo Hodge (2000), O termo KOS foi proposto em 1998 pelo Grupo de Trabalho de Sistemas de Organização do Conhecimento em Rede (do inglês, *Networked Knowledge Organization Systems Working Group*) para englobar sistemas de classificação, cabeçalhos de assunto, arquivos de

⁴⁰ FOGL, J. Relations of the concepts 'information' and 'knowledge'. *International Fórum on Information and Documentation*, The Hague, v.4, n.1, p. 21-24, 1979.

autoridade, redes semânticas e ontologias. Hodge (2000) assim como Abbas (2010) ampliam esse conjunto, incluindo outras estruturas, tais como dicionários, glossários, taxonomias e tesouros.

Segundo Hjørland (2003), para a comunidade de biblioteconomia e ciência da informação (do inglês, *Library and Information Science* – LIS) a organização do conhecimento encontra-se na organização da informação de registros bibliográficos, incluindo: i) associação, gerando relacionamentos; ii) representação, gerando pontos de acesso e índices em processos de catalogação e indexação; iii) classificação, promovendo colocação e ordenação para os documentos; e iv) categorização, gerando esquemas de categorias. E geralmente faz-se uso de instrumentos que orientam processos, atividades e tarefas envolvidas no tratamento da informação. Podem-se citar os comumente usados (TAYLOR, 2004): i) esquemas de classificação; ii) tesouros e cabeçalhos de assuntos; iii) padrões de catalogação; e iv) modelos conceituais. Tais instrumentos são considerados com um subconjunto dos sistemas de organização do conhecimento (HJØRLAND, 2003; HODGE, 2000; ABBAS, 2010).

Hjørland (2003), entretanto, ressalta que a organização do conhecimento é um conceito muito mais amplo do que o comumente tratado pela comunidade LIS, pois compreende: i) a divisão social do trabalho (por exemplo, as disciplinas); ii) as instituições sociais (por exemplo, as Universidades); iii) as linguagens e sistemas simbólicos; iv) os sistemas conceituais e teorias; e v) as literaturas e gêneros. Em sua visão, a comunidade LIS muitas vezes ignora esse significado mais amplo de OC e acredita que para desenvolver bons princípios para esta área devem-se levar em consideração teorias mais amplas de OC, tendo-se em vista que esta envolve dois tipos de organização, a intelectual e a social. A organização intelectual ou cognitiva reflete em estudos sobre conceitos, sistemas de conceitos e teorias. Já a social volta-se a estudos sobre organização de profissões, negócios e disciplinas, ou seja, o estudo sociológico do conhecimento. Segundo o autor, os dois tipos de organização se relacionam, visto que a organização do conhecimento em tradições, ideologias e paradigmas pode ser vista como uma combinação de conceitos envolvendo organização intelectual e social. Ou seja, são organizações cognitivas baseadas em influências sociais.

A Ontologia Formal (GUARINO, 1998; GUIZZARDI, 2005) como uma disciplina da filosofia propõe desenvolver um sistema de categorias gerais e suas relações para fins de desenvolvimento de teorias científicas e teorias de senso comum em domínios específicos. Nesse sentido, o *ontologista* está interessado em todos os domínios reais em um alto nível de abstração (nível ontológico), diferentemente do cientista que busca tratar de

questões específicas do campo (nível epistemológico). O interesse da disciplina denominada “Ontologia Aplicada” (*Applied Ontology*) (GUARINO, 1998; SMITH, 2004) concentra-se na aplicação de teorias da Ontologia Formal em domínios específicos. Almeida (2013) assinala que a disciplina Ontologia Aplicada pode trazer benefícios em relação ao progresso de pesquisas em ciência da informação no aspecto de teorias associadas à organização do conhecimento, especialmente no que diz respeito a teorias da classificação, assunto seminal do campo.

Desde a década de 90, a comunidade LIS vem pesquisando e fazendo uso de ontologias (SOERGEL, 1997; VICKERY, 1997; FISCHER, 1998; SOERGEL, 1999; GILCHRIST, 2003; CURRÁS, 2003) na busca de padronizar a linguagem envolvida no domínio e facilitar a comunicação entre usuários e sistemas de recuperação de informação (SRI). A proposta de um SRI é levar o usuário ao encontro de suas necessidades de informação através das tarefas de: a) *representação* das informações contidas nos documentos: usualmente através dos processos de indexação e descrição dos documentos; b) *armazenamento*: gestão física e/ou lógica dos documentos e de suas representações; e c) *organização* e *acesso* aos itens de informação: recuperação das informações relevantes⁴¹ e dos próprios documentos armazenados, de forma a satisfazer as necessidades de informações dos usuários (LANCASTER, 1993; BAEZA-YATES e RIBEIRO-NETO, 1999; ABADAL e CODINA, 2005; SOUZA, 2005).

Ontologias – assunto coberto na seção 3.2 - podem auxiliar o trabalho do profissional da informação no momento da representação dos documentos, pois são sistemas constituídos por um vocabulário e um conjunto de definições consensuais no âmbito de um domínio, que pode se apresentar em uma linguagem lógica. Esta, por sua vez, através de sua semântica formal, poderia eliminar contradições envolvendo os conceitos e as relações entre estes, resultando numa especificação não ambígua do domínio. E, finalmente, com base no formalismo, os usuários envolvidos num SRI poderiam se comunicar sob o mais alto nível de abstração a respeito de um determinado domínio, viabilizando, em função disso, a estratégia de busca e a recuperação da informação. As ontologias funcionariam, desta forma, como uma mediação entre a necessidade do usuário e a representação de documentos.

⁴¹ Os documentos mais relevantes são aqueles que possuem um conjunto de palavras mais parecido com o conjunto de palavras da necessidade de informação. Na avaliação da recuperação de um documento são considerados dois conceitos fundamentais: a revocação (do inglês *recall*), que considera a relação entre documentos relevantes recuperados e o número total de documentos relevantes existentes; e a *precisão* (do inglês, *precision*), que determina a relação entre documentos recuperados relevantes e o número total de documentos recuperados. A idéia é manter uma boa relação entre precisão e revocação, evitando assim falsos positivos e falsos negativos (ABADAL e CODINA, 2005).

A correlação entre organização da informação e do conhecimento, técnicas computacionais e aspectos filosóficos, sociais e cognitivos pode contribuir sobremaneira para o desenvolvimento de instrumentos tecnológicos de qualidade, a partir da organização centrada no usuário. A fertilização cruzada de tecnologias, teorias e metodologias interdisciplinares possa contribuir no processo de construção de modelos ontológicos de qualidade endereçados à representação de documentos multimídia. Nesse sentido, os processos, produtos e teorias subjacentes envolvidos na organização e na representação da informação e do conhecimento em sistemas de informação podem ser arranjados em três disciplinas denominadas i) representação descritiva, destacando o conceito “metadados”, apresentada na seção 3.1.1; ii) representação temática, apresentada na seção 3.1.2; e iii) modelagem conceitual, apresentada na seção 3.1.3. Tais disciplinas estabelecem interlocuções com os campos da CI e da CC (como será visto em seções subsequentes) permitindo o avanço contínuo à área de organização e representação de documentos em conjunto com a catalogação descritiva para ambientes de informações digitais, propiciando, assim, melhorias nos sistemas de recuperação da informação.

3.1.1 Representação descritiva de documentos

Mey (1995) considera “representação” uma forma de simplificar a busca por um item fazendo com que o mesmo encontre seu usuário e que este encontre seu item. Alvarenga (2006) parte da definição de representação secundária para definir representação da informação. A autora afirma que, “as informações nesse tipo de representação compreendem compactações que tentam descrever as características do documento, refletindo sua origem e conteúdo, facilitando sua recuperação” e que no documento eletrônico, “a representação pode ser parte intrínseca do próprio documento” (ALVARENGA, 2003, p. 6 e 17).

A representação descritiva está relacionada com o processo de catalogação que vislumbra a descrição física e temática de um item ou unidade bibliográfica. Mey (1995) descreve catalogação como "estudo, preparação e organização de mensagens codificadas, com base em itens existentes ou passíveis de inclusão em um ou vários acervos, de forma a permitir a interseção entre as mensagens contidas nos itens e as mensagens internas dos usuários" (MEY, 1995, p. 5). Wynar (1985) discorre sobre o processo de catalogação como sendo um preparo de um catálogo, cujo propósito é proporcionar todas as informações necessárias para descrever um item e diferenciá-lo fisicamente e intelectualmente de outros

itens; além de localizá-lo no acervo através de pontos de acesso, chamados de índices, como por exemplo: autor, título, assunto, etc.

Na elaboração da representação, três elementos são considerados, a saber: i) descrição bibliográfica; ii) pontos de acesso e iii) dados de localização. A descrição bibliográfica caracteriza o item, descrevendo-o fisicamente de modo a garantir a sua unicidade. Os pontos de acesso (também denominados *metadados*) indicam o vocabulário a ser usado como forma de acessar o item no catálogo. Finalmente, os dados de localização apontam o local (através dos números de chamada) para encontrar o item em um determinado acervo (MEY, 1995; WYNAR, 1985).

Velluci (1998) considera que o advento da Internet abriu espaço para bibliotecas e especialistas em informação na promoção de esforços na melhoria de métodos de descrição, organização e recuperação de objetos digitalizados e acessados remotamente. Alvarenga (2003) contribui nessa perspectiva afirmando que no novo contexto de produção, organização e recuperação de objetos digitais, as metas de trabalho não se restringem à criação de representações simbólicas dos documentos constantes de um acervo. Compreendem a criação de novas formas de escrita para os hipertextos e a criação dos denominados metadados, muitos dos quais podem ser extraídos diretamente dos próprios objetos. 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 do *Resource Description and Access* (RDA) e do *Extensible Markup Language* (XML) (SIQUERIA e SILVA, 2011, p. 12).

O conceito “metadados” como “dados sobre dados” tem sua origem na ciência da computação na descrição de esquemas de dados. Barbieri (2001) esclarece que os metadados nasceram impulsionados pela tecnologia de banco de dados na década de 80, além da ampliação de uso com a chegada dos sistemas de apoio à decisão, como *Data Warehouses*⁴² e *Data Marts*⁴³. Entretanto, outras comunidades que trabalham com informação como bibliotecários, arquivistas, museólogos sempre produziram metadados para criar registros sobre informação. Neste sentido, Gilliland-Swetland (2000) dá uma definição panorâmica

⁴² Bancos de dados contendo dados extraídos do ambiente de produção da organização, os quais passaram por um tratamento, incluindo seleção e depuração. São aplicações destinadas a processamento de consulta e não para o processamento de transações (KINBALL, 1996).

⁴³ Data Warehouses departamentais visando evolução progressiva (KINBALL, 1996).

sobre metadado: “a soma total do que pode ser dito sobre algum objeto informacional em algum nível de agregação”.

Gilliland-Swetland (2000) estabelece categorias de metadados, criando uma tipologia e destacando suas características e atributos mais regulares. Os metadados **administrativos** são utilizados no gerenciamento e administração de recursos informacionais, fornecendo, entre outras, informações para aquisições ou digitalização e sobre sua localização e direitos legais de propriedade intelectual. Os **descritivos** descrevem ou identificam os recursos informacionais, como são os casos de registros catalográficos e índices especializados. Os de **preservação** podem fornecer informações sobre as condições físicas dos recursos informacionais, assim como documentar ações tomadas para a preservação dos recursos. Os **técnicos** estão relacionados ao funcionamento do sistema ou ao comportamento dos próprios metadados, como, entre outros casos, documentação de *hardware* e *software*, informação de digitalização ou autenticação e dados de segurança. Por fim, os metadados de **uso** relacionam-se com o nível e tipo de utilização dos recursos informacionais, registros de utilização (*log*) ou informações de versões. No que diz respeito aos atributos e características de metadados, foi proposta uma classificação em sete grupos:

- **Fonte:** pode ser interna (normalmente gerado pelo criador do objeto informacional) ou externa (após a criação por outro que não o criador).
- **Método de criação:** podem ser criados automaticamente por computadores ou manualmente por humanos.
- **Natureza:** podem ter uma natureza leiga ou especializada, dependendo de terem sido criados ou não por especialistas.
- **Estado:** podem ter diferentes estados: i) estático, desde a criação, como título ou autor; ii) dinâmico, sendo alterados com a manipulação como preço, condições de acesso e uso; iii) de longo prazo ou iv) de curto prazo, como transações.
- **Estrutura:** podem ter uma estrutura estabelecida (como o padrão MARC) ou não ter nenhuma estrutura (simples anotações em certos campos).
- **Semântica:** podem ter uma semântica controlada, obedecendo a um vocabulário padronizado (um tesouro, por exemplo) ou não controlado (como *tags* HTML).
- **Nível:** e, finalmente, podem se referir a uma coleção ou a itens individuais.

As atividades envolvidas na catalogação são orientadas geralmente por normas técnicas, vocabulários controlados, manuais de bases de dados, regras, normas e instruções de catalogação, modelos conceituais e tabelas de classificação. Dentre esses instrumentos, torna-se válido destacar as regras e os modelos para catalogação (por exemplo, o ISBD, o AACR2 e o formato MARC), que fundamentam esquemas ou padrões de metadados como, por exemplo, o Dublin Core.

Oliver (2011) acrescenta os modelos conceituais como possibilidades de abstração e compreensão do universo bibliográfico ajudando o profissional da informação a descobrir os recursos necessários à descrição, como é o caso do FRBR (Requisitos Funcionais para Registros Bibliográficos). As normas e instruções de catalogação emergentes como o RDA (Descrição e Acesso de Recursos) foram concebidas em princípios internacionais de catalogação com vistas às atuais necessidades de descrição de recursos informacionais em ambientes digitais, possibilitando: interoperabilidade, compartilhamento de recursos, intercâmbio contínuo e reutilização de metadados. Segundo Oliver (2011, p.8), “o escopo ampliou-se, mas a meta continua a mesma: romper as barreiras que impedem a comunicação sobre recursos bibliográficos. A normalização continua sendo imprescindível”.

O Quadro 2 exibido a seguir apresenta um esquema sinóptico de regras tradicionais e emergentes voltadas à catalogação de recursos de informação, além de modelos conceituais endereçados à organização conceitual de dados bibliográficos (ABBAS, 2010; OLIVER, 2011; TAYLOR, 2004; RIBEIRO, 2004; IFLA, 2007 e 2009).

Quadro 2 - Esquema sinóptico de normas e modelos para catalogação

Normas e modelos conceituais de catalogação			Informações pontuais			Propósito	Fundamentação
			Período	Descrição	Características		
ISBD ⁴⁴			Final da década de 1969	Descrição Bibliográfica Internacional Padronizada	O padrão cobre obras raras, recursos eletrônicos, materiais cartográficos, recursos contínuos; material não bibliográfico; música impressa.	Servir como padrão internacional que define um conjunto de elementos descritivos para incluir em registros bibliográficos.	Diretrizes do comitê do IFLA.
AACR ⁴⁵ e AACR2			1ª edição em 1967 e 2ª edição em 1978	Código de Catalogação Anglo-Americano	Padronização da prática de catalogação; facilidade de cooperação entre bibliotecas; fundamenta o formato MARC e MARC21 em sistemas informatizados.	Efetuar grande parte da descrição bibliográfica em sistemas de informação.	Princípios da ISBD.
IFLA ⁴⁶	Modelos Conceituais	FRBR ⁴⁷	1997	Requisitos Funcionais para Registros Bibliográficos	Fundamentado no modelo entidade-relacionamento (CHEN, 1976).	Proporcionar uma base teórica-metodológica coerente de modo a construir uma prática de descobrimento de recursos.	Diretrizes do comitê do IFLA.
		FRAD ⁴⁸	2009	Requisitos Funcionais para Dados de Autoridade	Fundamentado no modelo entidade-relacionamento (CHEN, 1976).	Incluir dados de autoridade ao modelo FRBR.	Diretrizes do comitê do IFLA.
RDA ⁴⁹			2004-2010	Descrição e Acesso de Recursos	Norma internacional de conteúdo para o ambiente digital. Utilizada para recursos tradicionais e não tradicionais, analógicos e digitais, dentro e fora da biblioteca.	Substituir o AACR2. Fornecer elementos para descrição e acesso a recursos numa perspectiva mais abrangente.	Instruções baseadas nos modelos FRBR e FRAD. Princípios Internacionais de Catalogação.

Fonte: elaborado pelo autor.

⁴⁴ *International Standard Bibliographic Description.*

⁴⁵ *Anglo-American Cataloging Rules.*

⁴⁶ *Internacional Federation of Library Associations and Institutions[Federação Internacional de Associações e Instituições Bibliográficas].*

⁴⁷ *Functional Requirements for Bibliographic Records.*

⁴⁸ *Functional Requirements for Authority Data.*

⁴⁹ *Resource Description and Access.*

3.1.2 Representação temática de documentos

A representação temática concentra-se na organização de conteúdos de documentos redundando em linguagens documentárias (CAMPOS, 2001) que podem auxiliar: i) nos processos de análise e descrição de documentos, permitindo a criação padronizada de metadados ao nomear, de forma consistente, os pontos de acesso aos documentos e a informação neles contida; e ii) no processo de busca em um SRI através da padronização e expansão do vocabulário das consultas.

A norma padrão proposta pela organização norte-americana *National Information Standards Organization* (ANSI, 2005) enfatiza que o principal propósito dos vocabulários controlados é fornecer um significado para a organização da informação, incluindo tradução, consistência, relacionamentos, visualização e recuperação perante a informação, por meio das seguintes funções: i) controle de sinônimos, através da definição de um termo padrão, com remissivas para os sinônimos; ii) diferenciação entre os homógrafos⁵⁰; e iii) agrupamento de termos em que os significados apresentem uma relação mais estreita entre si, como por exemplo, relações hierárquicas ou não hierárquicas.

A norma ANSI/NISO Z39.19-2005 ainda propõe as linhas gerais para construção, formatação e manutenção de vocabulários controlados monolíngues. Em relação às regras de construção, o padrão permite construir diversos tipos de vocabulários controlados, incluindo tesouros, taxonomias, listas e anel de sinônimos, em uma ordem conhecida e estruturada com o intuito de disponibilizar claramente os relacionamentos de equivalência, associativos e hierárquicos, quando aplicáveis a cada tipo⁵¹. Essa flexibilidade é importante, pois permite uma melhor adaptação do instrumento às necessidades dos ambientes de informação.

Uma inovação da ANSI/NISO Z39.19-2005 em relação às normas anteriores é a inclusão do método de análise facetada, cuja base concentra-se no trabalho de Ranganathan (RANGANATHAN, 1967) e nos refinamentos feitos pelo *Classification Research Group – CRG* (GOMES, 1990). Na definição dos termos, a norma determina regras claras para o uso de qualificadores, além de possibilitar a inclusão de notas históricas para registrar todos os eventos ocorridos nos termos. Outra mudança importante é em relação às construções de apresentação de tesouros, que estão mais adaptados aos sistemas computacionais, destacando a Web. Outra questão importante é a orientação sobre a interoperabilidade entre vocabulários controlados neste ambiente.

Exemplos de vocabulários controlados incluem: esquemas de classificação, listas de cabeçalhos de assuntos, tesouros, taxonomias e ontologias (ABBAS, 2010; BÜRGER et al., 2009). Dada a importância para a pesquisa, alguns destes vocabulários são elucidados brevemente a seguir.

⁵⁰ Vocabulário que tem a mesma grafia de outro, porém sentido diferente (ANSI, 2005).

⁵¹ Para informações completas ver Apêndice B da norma, página 135.

Tesouro pode ser definido como um vocabulário controlado organizado em uma ordem conhecida na qual as relações de equivalência, hierárquicas e associativas entre os termos são claramente mostradas e identificadas através de indicadores de relação padrão (ANSI, 2005).

Taxonomias são coleções de termos classificados em uma estrutura hierárquica, na qual emprega relacionamentos de generalização e especialização (ANSI, 2005). O termo taxonomia vem sendo utilizado para designar aplicações que organizam informação em ambientes eletrônicos e virtuais (portais corporativos, bibliotecas digitais, *Intranets*, *Extranets*, etc), tendo como principais atribuições: i) auxiliar os usuários no momento da escolha dos filtros destinados à busca em grandes bancos de dados; ii) ajudar os usuários na busca da informação desejada e como usar a informação recuperada; iii) ajudar os usuários na navegação em sistemas hipermídia; iv) possibilitar uma terminologia padrão no âmbito organizacional; e v) possibilitar e facilitar o compartilhamento de informação e conhecimento nas organizações (GILCHRIST, 2003). Vickery (1980) complementa dizendo que uma taxonomia é um sistema de classificação de itens de um domínio apresentado hierarquicamente, cuja estrutura se organiza por meio de relações genéricas, tendo como prioridade a identificação de entidades.

As ontologias possuem os mesmos princípios dos vocabulários controlados: trabalham com linguagem natural e fazem a delimitação de termos e de relações. Entretanto, a semântica envolvida na terminologia da ontologia se difere dos vocabulários controlados (dentro do contexto das linguagens documentárias) por incluir axiomas formais (através de declarações lógicas) que restringem a utilização do vocabulário (GILCHRIST, 2003; JIMENEZ, 2004). Bürger et al. (2009, p.21) esclarece que o termo vocabulário controlado surge na comunidade LIS e o termo ontologia é comumente usado na comunidade de Web Semântica para descrever tipos similares de sistemas de organização do conhecimento.

3.1.3 Modelagem conceitual

Como o foco desta tese está na organização sistemática de metadados multimídia para representação de documentos desta natureza, a presente seção torna-se fundamental e oportuna para a elucidação dos aportes teóricos e metodológicos que circundam o assunto modelos e modelagem para representação. Deve-se ressaltar que nessa pesquisa considera-se a fase de modelagem conceitual, também denominada *conceituação* (FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e JURISTO, 1997), como uma das mais importantes no processo de desenvolvimento de ontologias. Tal fase possibilita organizar de forma coerente os elementos ontológicos de um domínio. É na fase de modelagem que se torna possível determinar um conjunto de conceitos com compromissos ontológicos estabelecidos para a construção da conceituação para o domínio de interesse, que, nesta tese, é o domínio multimídia.

A atividade de modelagem conceitual vem sendo empregada na CI para amenizar os problemas na comunicação entre sistemas de informação e seus usuários (SAYÃO, 2001; CAMPOS, 2004). Pode-se obter por meio desta atividade um entendimento compartilhado do domínio de interesse ou do universo do discurso. Desta forma, a comunidade de usuários envolvida no domínio passa a ter uma linguagem comum através da qual o seu conhecimento possa ser expresso, facilitando a comunicação entre esta comunidade e o sistema. Na CC, a modelagem conceitual exerce um papel importante em áreas como banco de dados e projetos de sistemas de informação; engenharia de software e de domínio; projetos de sistemas baseados em conhecimento; engenharia de requisitos; integração de informação; interoperabilidade semântica; processamento de linguagem natural; modelagem de empresas; e ontologias formais no contexto da Web Semântica (GUIZZARDI, 2005).

Segundo Guizzardi (2005), a modelagem está intrinsecamente associada à representação das coisas do mundo, independente de projeto específico ou escolhas tecnológicas; objetiva entender (aprender), comunicar (entre os envolvidos no domínio) e raciocinar (resolver problemas) sobre uma porção da realidade. Sayão (2001) complementa, assinalando a importância da representação para a utilização de mecanismos de abstração para a construção de modelos. A abstração nesse caso constitui uma ferramenta poderosa no exercício de aquisição de conhecimento, no sentido de se compreender certa realidade. Para tal, é necessário selecionar os objetos ou entidades de maior relevância para o problema objeto de investigação. “Constroem-se, assim, esquemas abstratos da realidade, nos quais as coisas são reduzidas a seus perfis mais convenientes” (SAYÃO, 2001, p.82).

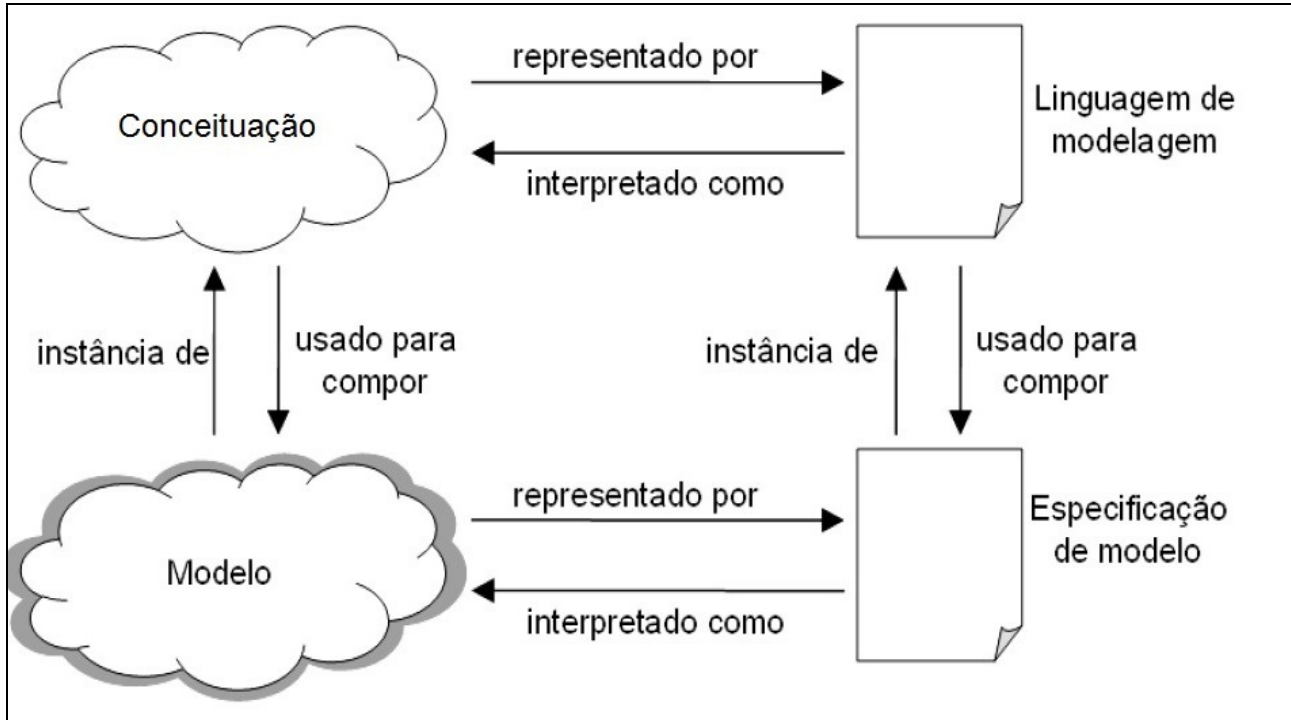
Ainda segundo Sayão (2001), nos modelos conceituais as abstrações semânticas tornam-se relevantes por considerar relações entre conceitos linguísticos que refletem diferenças de significados entre termos. Tais abstrações apenas conseguem atingir um grau aceitável de aproximação com o objeto referente a partir de um trabalho intelectual por parte do profissional que modela o sistema. Mylopoulos (1992, p.3) fornece uma definição sobre a disciplina de modelagem conceitual que vai ao encontro do que se defende nesta tese em relação à importância do entendimento comum (principalmente por usuários humanos) sobre a realidade de um domínio: “Modelagem conceitual é uma atividade que formalmente descreve alguns aspectos do mundo físico e social ao nosso redor para propósitos de entendimento e comunicação”⁵²; e “[...] as descrições que resultam da atividade de modelagem conceitual são destinadas principalmente para humanos, e não para máquinas”⁵³.

⁵² Conceptual modelling is the activity of formally describing some aspects of the physical and social world around us for purposes of understanding and communication aspects of the physical and social world around us for purposes of understanding and communication.

⁵³ [...] the descriptions that arise from conceptual modelling activities are intended to be used by humans, not machines.

As considerações sobre modelagem conceitual acima mencionadas podem ser visualizadas no esquema retratado na Figura 2 em que Guizzardi (2005) esclarece o relacionamento envolvendo um conjunto de conceitos de uma porção da realidade, abstrações mentais dos usuários, técnicas para capturar a semântica envolvida nestas abstrações e os artefatos resultantes.

Figura 2 - Relações entre conceituação, modelo, linguagem de modelagem e especificação



Fonte: adaptado de Guizzardi (2005, p.2).

Pode-se iniciar a elucidação do esquema da Figura 2 caracterizando uma **conceituação** (do inglês, *conceptualization*) como um conjunto de conceitos usado para abstrações acerca do estado das coisas (do inglês, *state of affairs*) em um dado domínio. Segundo Guarino (1998), uma conceituação pode ser vista também como determinante de todos os modelos possíveis admissíveis em um domínio.

O **modelo** em si apresenta-se como uma abstração de uma dada porção da realidade a partir da conceituação de um dado domínio. Essas conceituações e modelos são consideradas entidades abstratas que existem somente na mente de usuários ou uma comunidade de usuários que lidam com certa linguagem. Com o propósito de materializar o que de concreto existe no modelo mental desses usuários, as entidades precisam ser documentadas, comunicadas e analisadas e, para tal, precisam ser capturadas por meio de algum artefato. A representação desse modelo mental ou modelo conceitual é denominada de **especificação de modelo**, a qual necessita de uma **linguagem de modelagem** para se tornar um artefato.

Finalmente, uma linguagem de modelagem deve ser suficientemente expressiva para caracterizar a conceituação de seu domínio. Para tal, a semântica envolvida nas especificações produzidas deve ser clara de modo a facilitar (para o projetista envolvido nas especificações) a

conexão entre os conceitos do domínio e os construtos da linguagem. Além disso, tais especificações devem proporcionar ao usuário um entendimento e raciocínio sobre o que está sendo representado. Segundo Guizzardi (2005), o problema de interoperabilidade semântica existe porque as comunidades divergem em suas conceituações. A viabilização no processo de comunicação entre a conceituação e a linguagem tanto do ponto de vista do tratamento pela máquina quanto para a compreensão do usuário é denominada de *compromisso ontológico* (GUARINO, 1998; GUIZZARDI, 2005). Ressalta-se que os conceitos de compromisso ontológico, linguagem de modelagem e conceituação serão explorados na seção dedicada ao assunto ontologias, cuja modelagem que as envolve é vista como um tipo especial de modelagem conceitual (GUIZZARDI, 2005).

Os estudos sobre concepção de modelos destinados à construção de sistemas para organização da informação e do conhecimento têm sido cada vez mais intensificados na busca de uma representação mais próxima da realidade. No campo da CC, destacam-se os modelos de representação associados à modelagem de dados, tais como o modelo relacional (CODD, 1970), o modelo entidade e relacionamento (CHEN, 1976) e o modelo orientado a objetos (BOOCH, JACOBSON e RUMBAUGH, 2006). Na área de inteligência artificial, os modelos para representação de conhecimento envolvem as redes semânticas (RESENDE, 2003; RUSSEL e NORVIG, 2004), os *frames* (MINSKY, 1975; MAIDA, 1987) e as declarações lógicas (COPI, 1981). As ontologias, apresentadas na seção 3.2, são também vistas como um tipo especial de modelo para representação de conhecimento. A importância do estudo de ontologias para a IA pode ser constatado pelo surgimento de uma nova área de trabalho conhecida como engenharia ontológica, um ramo da engenharia de conhecimento que se preocupa com o processo de construção de ontologias genéricas para fins de reúso em diferentes bases de conhecimento (GRUBER, 1993a). As contribuições advindas da CC e da IA são exibidas na seção 3.1.3.1.

A ciência da informação traz contribuições significativas para a modelagem de domínios em que teorias e metodologias já consolidadas no campo podem ajudar o *modelizador* em sua atividade de elaboração de modelos de representação para linguagens documentárias, sistemas computacionais, hipertextos e ontologias (CAMPOS, 2004); e ainda podem proporcionar benefícios no acesso, disseminação, compartilhamento e uso do conhecimento pelos usuários em potencial. Para tal, destacam-se propostas de categorias que auxiliam a estruturação de conhecimento presente nesses domínios (RANGANATHAN, 1967; DAHLBERG, 1978; GOMES, 1990; CAMPOS, GOMES e MOTTA, 2004); estudos sobre a natureza de relações conceituais e semânticas envolvidas em modelos de representação (DAHLBERG, 1978; HJÖRLAND, 2007; KHOO e NA, 2007); e modelos de referência enquanto recurso metodológico para auxiliar o processo de

organização de descrições de alto nível para o universo bibliográfico (IFLA, 1998; CROFTS, 2005). Tais contribuições são apresentadas na seção 3.1.3.2.

3.1.3.1 Contribuições da CC e da IA

Edgar Frank Codd concebeu em 1970 o modelo relacional⁵⁴ (CODD, 1970) adequado a ser subjacente a um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD). Baseia-se no princípio em que todos os dados estão representados em relações matemáticas (ou tabelas) as quais podem ser tratadas por álgebra relacional que por sua vez é fundamentada na lógica de predicados e na teoria dos conjuntos. Alinhado ao projeto dos bancos de dados relacionais, Peter Chen introduziu na mesma década o modelo dos Diagramas de Entidade e Relacionamento (também chamado de DER) (CHEN, 1976), no qual foi refinado posteriormente por outros pesquisadores. Surgiu da necessidade dos projetistas de bancos de dados encontrarem uma maneira eficaz de estruturar tabelas, através do processo de normalização⁵⁵, eliminando a redundância de dados e os problemas de atualização inconsistente nas tabelas. A análise semântica de Chen (1976) parte da formação de classes ou conjuntos de entidades e com base em alguma característica que distingue as entidades na classe, o modelo é estendido através de subclasses ou especializações.

A modelagem orientada a objetos vem sendo discutida e refinada desde a década de 70 com o propósito de identificar o melhor conjunto de objetos para descrever um sistema de *software* e reusá-los quando necessário em outras aplicações (RUMBAUGH e BLAHA, 2006). Um objeto pode ser considerado um conceito, uma abstração ou coisa que representa, através de sua identidade, algum significado para uma aplicação. Sua organização se dá em classes ou subclasses a partir de semelhanças e diferenças abstraídas da aplicação na qual faz parte. Cada classe determina o comportamento e estados possíveis (atributos) de seus objetos, assim como o relacionamento com outros objetos. Cada um desses objetos é chamado de instância de sua classe.

Segundo Rumbaugh e Blaha (2006), a subclasse herda as características de sua superclasse. E acrescentam que cada instância de uma subclasse é também uma instância da superclasse. Por isso da denominação “é um”, do inglês “*is a*”, para o relacionamento de generalização. Outras formas de organizar ou classificar objetos podem ser feitas através da agregação e da associação. Na agregação há níveis de abstração do tipo “parte de” em relação à classe. Exemplo: *termostatos* e *compressores* são partes de *congeladores*. Na associação, uma classe tem atributos que associam características comuns a outras classes diferentes. Nessa

⁵⁴ Anteriormente a esse modelo de implementação, dois modelos já haviam sido propostos na década de 60: o modelo em rede e o modelo hierárquico. A organização do modelo em rede se dá por um conjunto arbitrário de gráficos, já o modelo hierárquico através de estrutura em árvores. Essa organização limita a flexibilidade do modelo de dados, podendo ocorrer problemas de inconsistência no momento da manipulação dos dados.

⁵⁵ Informações sobre normalização em bancos de dados relacionais podem ser conferidas em Silberschatz, Korth e Sudarshan (2006).

classificação, certas ideias promovem lembranças de outras ideias relacionadas, como por exemplo: *montanhas* e *pistas* estão associadas a *esquiar*.

Na atividade de representação das classes, dos objetos e das relações, a comunidade de orientação a objetos vem desenvolvendo e refinando desde a década de 90 a linguagem de modelagem unificada - UML (do inglês, *Unified Modeling Language*) - como técnica de modelagem de sistemas. A linguagem é sucessora de um conjunto de métodos de análise e projetos baseados em objetos, criado pelos próprios autores da linguagem: Grady Booch, James Rumbaugh e Ivar Jacobson. A linguagem é adotada e recomendada pelo *Object Management Group* – OMG, um grupo responsável pelos padrões voltados ao paradigma de orientação a objetos. Por possuir uma notação gráfica simples e ser capaz de modelar aspectos estruturais e comportamentais de um sistema é amplamente consolidada na área de engenharia de software (PRESSMAN, 2002). Os principais diagramas da linguagem para modelar aspectos estruturais e comportamentais de um sistema, incluem os de classes, objetos, colaboração, sequência, casos de uso, estados e atividades (BOOCH, JACOBSON e RUMBAUGH, 2006).

A percepção da relação do modelo orientado a objetos para com as ontologias torna-se clara na medida em que ambos buscam representar semanticamente um domínio de conhecimento. O primeiro modelo busca classificar o domínio através de classes e objetos, possibilitando o reuso dos mesmos em outras aplicações. Tais princípios também são empregados nas ontologias quando concebidas para fins de modelagem de domínio. Dada a similaridade entre os modelos orientados a objetos e as ontologias, a comunidade de orientação a objetos tem despertado para o uso de ontologias através da UML em conjunto com a sua linguagem de restrição de objetos denominada OCL⁵⁶- *Object Constraint Language* (CRANFIELD e PURVIS, 1999; GUIZZARDI, 2005). Pesquisa recente envolveu a extensão da UML com o propósito de se tornar uma linguagem de modelagem conceitual ontologicamente bem fundamentada (GUIZZARDI, 2005). Para tal, utilizou-se uma ontologia de fundamentação denominada UFO-A como base para a avaliação semântica do metamodelo UML 2.0 resultando numa versão ontologicamente bem fundamentada da UML.

O modelo relacional em conexão com o modelo entidade e relacionamento e o modelo orientado a objetos, com sua linguagem de modelagem unificada, buscam representar os principais processos envolvidos em um domínio específico, servir de instrumento de comunicação e construir um sistema de informação automatizado. Tais modelos apresentam similaridades com a estrutura de uma ontologia ao tratarem de questões relacionadas à semântica envolvida na representação de seus conteúdos. Contudo, em relação à semântica, observa-se uma diferença entre os dois modelos e as ontologias. O modelo relacional e o modelo orientado a objetos encontram-se em um nível epistemológico, ou seja, estabelecem apenas significados particulares de estruturação de seus

⁵⁶ Informações adicionais sobre as linguagens UML e OCL podem ser conferidas no sítio www.omg.org.

objetos ou entidades. Já as ontologias classificam-se em um nível ontológico com sistematizações axiomáticas para seus conceitos e relações e buscam representar conhecimento acerca de um domínio por meio de técnicas oriundas da área de engenharia do conhecimento. Desse modo, a ontologia está mais preocupada com os significados dos conceitos do que com sua estrutura.

A engenharia do conhecimento é uma área interessada em projetar e construir sistemas baseados em conhecimento⁵⁷ (SBCs). Segundo Rezende (2003), os SBCs são apontados como um requisito indispensável na resolução de problemas complexos e se diferenciam dos tradicionais sistemas de processamento de dados na forma em que os dados são organizados, armazenados e manipulados, conforme pode ser visto no Quadro 3.

Quadro 3 - Diferenças entre sistemas convencionais e sistemas baseados em conhecimento

Sistemas Convencionais	Sistemas Baseados em Conhecimento
Estrutura de dados	Representação do Conhecimento
Dados e Relações entre Dados	Conceitos, Relações entre Conceitos e Regras
Tipicamente usa algoritmos determinísticos	Busca Heurística
Conhecimento embutido no código do programa	Conhecimento representado explicitamente e separado do programa que o manipula e interpreta
Explicação do raciocínio é difícil	Podem e devem explicar seu raciocínio

Fonte: Rezende (2003, p.18).

A diferença em destaque aqui é relativa à forma em que os dados são organizados. Nos sistemas convencionais, os dados são organizados através de estruturas de dados, que representam os dados e suas relações. Os modelos para bancos de dados relacionais e os modelos orientados a objetos se enquadram nesses tipos de sistemas, conforme foi visto. Já nos sistemas baseados em conhecimento, os dados são organizados por meio de representação de conhecimento, que explicitam os conceitos do domínio do problema, suas relações e as regras de inferência, originando uma ontologia.

Um SBC utiliza uma base de conhecimento, na qual se pode construir sentenças em uma linguagem de representação, modelando o problema que se deseja resolver. A ontologia, nesse caso, está associada à base de conhecimento no sentido de explicitar os conceitos e as relações entre conceitos, buscando representar todo o conhecimento relevante para a resolução do problema, além de apresentar definições sobre os significados dos conceitos e relações. Além da base de

⁵⁷ Pesquisados desde a década de 70 pela comunidade de IA, juntamente com os sistemas especialistas. Estes, por sua vez, foram e ainda são dedicados em áreas que demandam tomadas de decisões de especialistas, como a área de diagnóstico médico (RUSSELL e NORVIG, 2004, p.24).

conhecimento, um SBC⁵⁸ possui um módulo separado da base, conhecido como mecanismo de inferência, capaz de realizar inferências sobre a base de conhecimento e obter conclusões a partir desse conhecimento.

Baader et al. (1992, p.2) enfatiza que os serviços de inferência devem permitir responder algumas questões sobre a base que podem ajudar no raciocínio e resolução de problemas de um dado domínio como: i) o significado de um conceito é significativo para todos? (satisfatoriedade); ii) onde exatamente o conceito está situado na hierarquia de conceitos? (classificação); iii) quais fatos são dedutíveis a partir do conhecimento? (instanciação); iv) de quais conceitos um objeto é instância? (compreensão); v) quais são as instâncias de um determinado conceito? (recuperação).

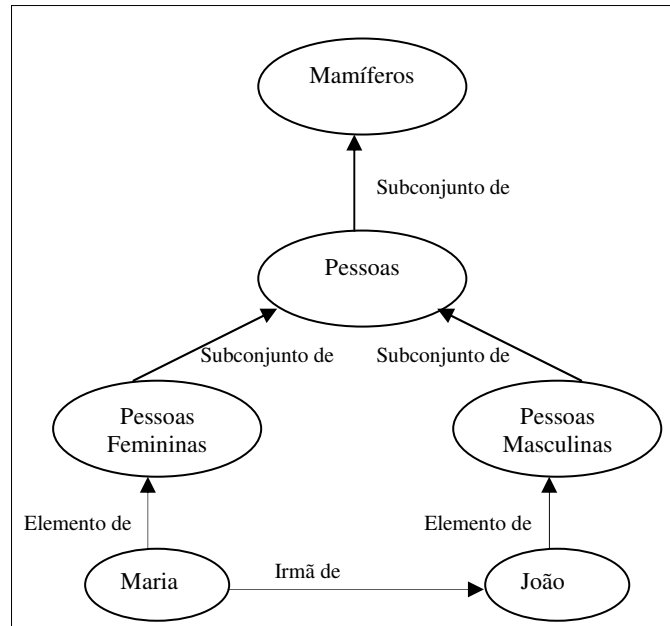
De modo que a base de conhecimento possa ser criada e o mecanismo de inferência possa processar eficientemente a base torna-se necessária a adoção de métodos e técnicas para a construção de um SBC, visto não ser uma atividade trivial (REZENDE, 2003). Para tal, a área de engenharia do conhecimento emprega processos constituídos de fases que vão desde a identificação da classe do problema que o SBC deverá resolver até a implementação da base em uma linguagem de representação. As linguagens de modelagem frequentemente usadas são as redes semânticas, os *frames* e as declarações lógicas que são brevemente elucidadas a seguir.

A utilização de nodos e arcos para a representação de conhecimento foi proposta na década de 60 por M. Ross Quilliam⁵⁹, que propôs um modelo computacional da memória humana denominado *memória semântica*. A partir daí as **redes semânticas** foram sendo desenvolvidas na área de IA como uma forma de capturar o conhecimento de um domínio. Rezende (2003) define uma rede semântica como um *grafo rotulado*⁶⁰ formado por: i) objetos que podem ser indivíduos, coisas e conceitos de um domínio, também denominados nós e ii) um esquema de arcos ou arestas, também denominado *links*. A Figura 3 mostra um exemplo de uma rede semântica composta de categorias (Mamíferos, Pessoas, Pessoas Femininas e Pessoas Masculinas) e nomes de objetos (Maria e João) representados por elipses e as relações entre eles representadas por arcos rotulados.

⁵⁸ Informações adicionais sobre a estrutura de um SBC podem ser encontradas em Rezende (2003, p.23). No que tange às ontologias apenas os componentes base de conhecimento e mecanismo de inferências são relevantes de serem apresentados no contexto dessa pesquisa.

⁵⁹ Informação obtida em http://en.wikipedia.org/wiki/Semantic_network

⁶⁰ Um grafo é dito ser rotulado em arestas quando a cada aresta estiver associado um rótulo (uma etiqueta).

Figura 3 - Uma rede semântica com dois objetos e quatro categorias

Fonte: adaptado de Russell e Norvig (2004, p.340).

Russel e Norvig (2004) afirmam que a organização de objetos em categorias é uma atividade importante da representação do conhecimento, pois serve para organizar e simplificar a base de conhecimento por herança. Assim, como na orientação a objetos, as redes semânticas podem produzir dois tipos de relações: “é um” (*is a*), na qual as relações encontram-se numa taxonomia hierárquica; e “parte-de” (*part-of*), na qual um objeto é componente de outro.

Uma das vantagens desse instrumento de representação de conhecimento, apontada por Rezende (2003), é o poder que os mecanismos de inferência têm de derivar as propriedades de objetos mais gerais para os mais específicos (procedimento esse chamado de herança de propriedades). No exemplo da Figura 3, o objeto Maria recebe as propriedades da categoria Pessoas Femininas da qual faz parte, que por sua vez herda as propriedades das categorias Pessoas e Mamíferos. Russel e Norvig (2004) complementam dizendo que as redes semânticas oferecem gráficos que ajudam na visualização da base de conhecimento e algoritmos eficientes para dedução de propriedades de objetos de acordo com suas categorias. Entretanto, as representações gráficas impõem limitações expressivas pela falta de semântica formal que podem restringir o uso da linguagem (DONINI, LENZERINI e NARDI, 1997; REZENDE, 2003).

Os fundamentos das redes semânticas foram direcionados para alguns modelos de representação como os mapas conceituais (NOVAK e CAÑAS, 2008) que utilizam *links* para definir relacionamentos entre conceitos. A UML também faz uso dos fundamentos das redes semânticas quando representa os diagramas de classes e de objetos através de associações semânticas entre eles. A linguagem *KL-One* (BRACHMAN e SCHMOLZE, 1985) foi concebida no final da década de 70 para representar uma rede semântica formal e precede as linguagens da Web

Semântica como OIL, DAML, DAML+OIL, RDFS, OWL; seus modelos baseados em grafo fundamentam-se nas redes semânticas.

Como derivação das redes semânticas, surge na década de 70 o conceito de **Frames** a partir do aparecimento da teoria dos *Frames* objetivando representar o conhecimento de um objeto através da observação visual do mesmo. Segundo Maida (1987) e Minsky (1975), *Frame* é um termo usado para designar um agrupamento de conhecimento relevante a uma coisa, um indivíduo, uma situação ou um conceito.

A linguagem possui um nome para identificar o conceito por ele definido e um conjunto de atributos denominados *slots*, que contêm valores ou ponteiros para valores. Um *slot* também possui um nome e é constituído de atributos, denominados *facetas*. As informações encontradas nas facetas explicitam os valores que o *slot* pode assumir ou a maneira de calcular ou deduzir o seu valor através de procedimentos (similar ao método da orientação a objetos). O Quadro 4 apresenta um exemplo de *Frame*.

Quadro 4 - Representação do *Frame* Mobília

<i>Slots</i>	Valores associados (facetas)
Especialização	Mobília
Número de cantos	Número inteiro (iniciando com 4)
Estilo de base	Madeira
Número de cadeiras	2, 4 ou 6

Fonte: elaborado pelo autor.

Uma característica importante nesse tipo de instrumento de representação é a herança de propriedades, na qual uma classe especializada (especialização do *frame*-pai) pode herdar todas as propriedades da classe geral (generalização do *frame*-filho), permitindo a distribuição da informação sem duplicação (similar à estrutura hierárquica da orientação a objetos). Desse modo, a linguagem influencia a reutilização de micro teorias.

Assim como no modelo orientado a objetos, os *frames* possibilitam a simplificação de código e um sistema de fácil leitura e manutenção, porém não possuem semântica formal capaz de realizar deduções eficientes (BAADER, HORROCKS e SATTLER, 2003). Atualmente, os sistemas utilizam mais a orientação a objetos, entretanto existem muitos sistemas legados utilizando as técnicas de *frames* (REZENDE, 2003). Algumas linguagens de representação de ontologias também incorporam a teoria dos *frames* em seus construtores como a Flogic - *Frame Logic*, que integra *frames* com cálculo de predicados de primeira ordem; a RDF (LASSILA e SWICK, 1999), que captura o formato e propriedades dos objetos na Web, além de especificar a semântica dos dados através de objetos e relacionamentos; e a OIL – *Ontology Interchange Language* (FENSEL et al.,

2001), que contém as principais construções existentes em *frames* e em lógica descritiva. Além de linguagens, algumas ferramentas para construção de ontologias como o *Protégé – Frames*⁶¹ utilizam *Frames* para especificar objetos que irão compor às ontologias.

Finalmente, a última técnica de modelagem a ser elucidada nessa seção são as declarações lógicas. O estudo da **lógica** é de extrema importância para a área de engenharia ontológica, visto que o conteúdo teórico das ontologias necessita de uma linguagem de representação (CHANDRASEKARAN, JOHNSON e BENJAMINS, 1999, p.21) para que posteriormente possa ser manipulado por um mecanismo de inferência. A intenção nesse ponto é fornecer uma visão teórica sobre alguns formalismos empregados, por exemplo, em algumas linguagens para construção de ontologias no contexto da Web Semântica (BAADER, HORROCKS e SATTler, 2003; BREITMAN, 2005). O entendimento dos fundamentos dessas linguagens torna-se relevante para a parte empírica da tese quando da análise de ontologias multimídia candidatas a reúso.

Segundo Copi (1981), o raciocínio faz parte do pensamento, no qual se realizam inferências ou se derivam conclusões a partir de proposições⁶². Estas, por sua vez, não são peculiares a nenhuma linguagem na qual podem ser expressas. Isso significa dizer que, num mesmo contexto sentenças diferentes (dispostas de modo diferente) podem ter o mesmo significado e expressar a mesma proposição. Além disso, em diferentes contextos, uma única sentença pode ser usada para fazer declarações diferentes. No contexto das ontologias, tal característica possibilitaria elaborar proposições que refletissem o significado de um conjunto de modelos possíveis admissíveis em um domínio, denominada de estrutura intensional (GUARINO, 1998). Por outro lado, em contextos apropriados, tais proposições poderiam ser usadas para fazer diferentes declarações, ou seja, a depender do modelo pretendido, conhecida por estrutura extensional (GUARINO, 1998). Existem vários tipos de lógicas usados em especificações de linguagens de modelagem para representação de conhecimento. Elucidam-se a seguir algumas delas por possuírem primitivas comumente empregadas em projetos de linguagens para a Web Semântica: a lógica proposicional, a lógica de primeira ordem e a lógica descritiva.

A **lógica proposicional** é a mais simples por que se baseia apenas na existência de constantes e no uso de conectivos lógicos: negação ($\neg$), conjunção ($\wedge$), disjunção ($\vee$), implicação ($\rightarrow$) e bicondicional ($\leftrightarrow$). A semântica da lógica proposicional deve especificar como calcular o valor verdade de qualquer sentença, dado um modelo. As regras para cada conectivo lógico podem ser resumidas em uma tabela-verdade, que especifica o valor verdade de uma sentença complexa para cada atribuição possível de valores-verdade a seus componentes (RUSSELL e NORVIG, 2004). No

⁶¹ Informações em <http://protege.stanford.edu/overview/protege-frames.html>

⁶² Usadas para designar o significado de uma sentença ou oração declarativa (COPI, 1981, p.22).

entanto, a lógica proposicional apresenta várias limitações, principalmente no que tange à expressividade (REZENDE, 2003). Observa-se, conforme o exemplo abaixo, que existem tipos de argumentos que, apesar de válidos, não é possível justificá-los com os recursos do cálculo proposicional.

Todos os humanos são racionais.

Alguns animais são humanos.

Logo, alguns animais são racionais.

As expressões “*todo*” e “*alguns*”, por exemplo, não são contempladas na linguagem do cálculo proposicional. Isso seria resolvido através da introdução de novos símbolos, obtendo-se a linguagem do cálculo de predicados de primeira ordem.

A **lógica de primeira ordem** representa o mundo em termos de objetos e predicados desses objetos (propriedades dos *objetos* e *relação* entre eles), além de conectivos lógicos e quantificadores, sendo assim capaz de capturar uma boa ideia sobre o mundo (RUSSELL e NORVIG, 2004). Em relação aos quantificadores, a lógica de primeira ordem possui dois: i) quantificador *universal* ($\forall$) indicando para *todo* ou para *todos* os objeto(s) e ii) quantificador *existencial* ($\exists$) indicando declaração sobre *algum* objeto.

Uma sentença em lógica de primeira ordem anuncia um fato e é formada a partir de um símbolo de predicado, seguido por uma lista de termos⁶³ entre parênteses. A Figura 4 apresenta duas sentenças representando um possível cenário em uma agência de viagem. Na primeira sentença, *despesa_máxima* é o símbolo de predicado e (*c*, *b*) são símbolos de constantes ou termos, significando que *c* e *b* têm a propriedade *despesa_máxima*. Os símbolos $\exists x y$ significam que alguma variável *x* como *y* tem uma propriedade, ou ainda, que existe no mínimo um objeto do universo considerado que tem uma propriedade. Na segunda sentença, os símbolos $\forall x$ significam que as propriedades envolvendo a variável *x* valem para todo *x*, ou ainda, que todos os objetos do universo considerado têm a propriedade em questão.

Figura 4 - Declarações em lógica de primeira ordem

$\exists x y$ (*destino*(\$x) $\wedge$ *informação_de_viagem*(\$y) $\wedge$ *quer_viajar*(*c*, \$y) $\wedge$ *idade*(*c*, *a*) $\wedge$ *preferencias* (*c*, *e*) $\wedge$ *despesa_maxima*(*c*, *b*) $\wedge$ *tem_destino*(\$y, \$x))

$\forall x$ (*viajante*(\$x) $\wedge$ ($\exists y$ *integer*(\$y) $\wedge$ *idade*(\$x, \$y) $\wedge$ (\$y < 30))

$\leftrightarrow$ *viajante_jovem*(\$x))

Fonte: adaptado de Fernández-Lopez, Gomez-Perez e Corcho (2004, p.123).

Dessa forma, os axiomas definidos na Figura 4 podem responder a questões através do cálculo de predicados, como por exemplo, na primeira sentença: considerando as preferências de

⁶³ Um termo é uma expressão lógica que se refere a um objeto que pode ser símbolos de constantes ou variáveis. As variáveis representam objetos que não estão identificados no universo considerado, exemplo \$x\$y; já as constantes representam objetos identificados no universo, exemplo *c*, *b*.

um viajante (viagem por cultura, viagem para as montanhas, viagem para a praia, etc.) e algumas restrições (econômica ou sobre a própria viagem), *quais destinos são mais apropriados?* Onde as constantes significam: c é o viajante, b é a quantidade máxima que o viajante pode gastar, a é a idade do viajante, e são suas preferências; e as variáveis x e y significam respectivamente: destino da viagem e informação sobre a viagem. Outra questão poderia ser respondida: considerando um viajante jovem com um orçamento para alojamentos, *quais tipos de alojamentos estão disponíveis?* O axioma da segunda sentença expressa que o viajante (variável x) é considerado jovem se e somente se a sua idade for menor ou igual a 29 anos. O cálculo de predicados seria então uma forma de raciocinar sobre predicados, quantificadores, conectivos lógicos e regras de inferência acerca de objetos presentes no universo considerado ou domínio.

Na década de 80 surge a família de **lógica descritiva** (LD), também conhecida como **lógica terminológica** (BAADER et al., 1992; DONINI, LENZERINI e NARDI, 1997), como uma possibilidade de representar conhecimento através da descrição formal de sua estrutura taxonômica (também chamada de terminologia) e fornecer um mecanismo de inferência especializado sobre tal estrutura (DONINI, LENZERINI e NARDI, 1997). Segundo Baader et al. (1992, p.1), “um mecanismo básico de processamento e representação de conhecimento humano é a divisão do mundo em classes ou conceitos [...] que geralmente são especificados por uma estrutura hierárquica”⁶⁴. Russel e Norvig (2004, p.312) assinalam que apesar da interação com o mundo ocorrer no nível de objetos individuais, uma grande parte do raciocínio tem lugar no nível de categorias, possibilitando fazer prognósticos sobre objetos, uma vez que eles estão classificados em suas devidas classes. A categoria pode deduzir a presença de certos objetos a partir da entrada de percepções como, por exemplo, deduzir que um objeto é uma maçã e que seria útil a uma salada de frutas a partir do conhecimento de seu formato, da casca vermelha, etc.

A família de LD é um subconjunto da lógica de predicados, tendo em vista que a notação da lógica de primeira ordem foi especificada para facilitar a tarefa de descrever objetos, conforme foi visto; já as lógicas descritivas surgiram na perspectiva de tornar mais fácil a descrição de definições e propriedades de categorias ou classes (RUSSELL e NORVIG, 2004). A característica da LD em possuir uma semântica formal baseada em lógica veio a suprir as limitações (representação de conhecimento livre de contradições e ambiguidades) de seus predecessores como as redes semânticas e os *frames* (DONINI, LENZERINI e NARDI, 1997; BAADER, HORROCKS e SATTler, 2003; CALVANESE e GIACOMO, 2003).

Nas linguagens terminológicas, *classes* são representadas por *conceitos* (os quais são usados para especificar um grupo de indivíduos) e *papéis* (os quais são relações binárias usadas

⁶⁴ “One of the basic mechanisms of human knowledge representation and processing is the division of the world into classes or concepts [...] which usually are given with a hierarchical structure.”

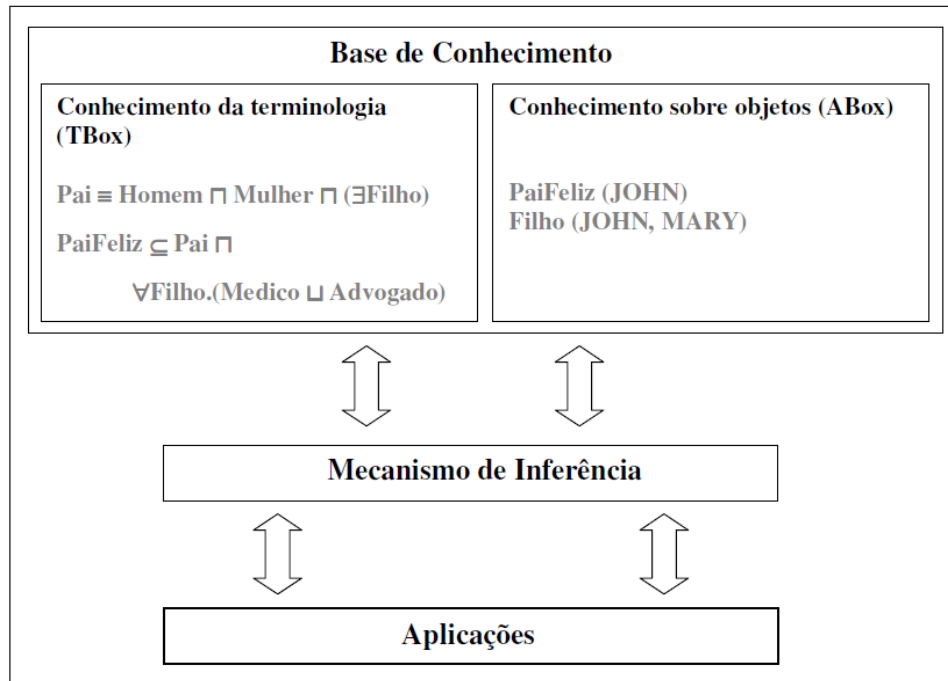
para especificar propriedades ou atributos). Tais linguagens são baseadas em *primitivas* ou *axiomas terminológicos*, os quais são símbolos de um *alfabeto*. As primitivas são classificadas em conceitos atômicos ou nomes de conceitos, papéis atômicos ou nomes de papéis, nomes de atributos, nomes de indivíduos e nomes de objetos (BAADER et al., 1992, p.3).

Para a descrição formal da taxonomia na base de conhecimento, Donini, Lenzerini e Nardi (1997) elucidam a distinção entre *conhecimento extensional* e *conhecimento intensional* do domínio, nomeados⁶⁵ ABox (*assertional part*) e TBox (*terminological part*), respectivamente. Segundo os autores, o *conhecimento extensional* consiste no conhecimento específico sobre indivíduos do domínio. Já o *conhecimento intensional* está relacionado ao conhecimento geral sobre o domínio do problema, representado por uma taxonomia, a qual é construída através de declarações sobre propriedades dos conceitos e relações. A Figura 5 ilustra a arquitetura de um sistema baseado em lógica descritiva. A base de conhecimento é dividida em conhecimento da terminologia e conhecimento sobre os objetos. A aplicação (interface responsável pela interação com o SBC) solicita informações ao SBC e, por meio do mecanismo de inferência, a linguagem de representação (nesse caso a lógica descritiva) usada na base de conhecimento é processada e as conclusões direcionadas à aplicação.

As lógicas descritivas permitem aos seus usuários construir expressões mais complexas de conceitos e papéis por meio de axiomas terminológicos. Essas expressões são obtidas pela aplicação de construtores sobre os axiomas terminológicos, definindo novos conceitos e papéis. E ainda fornecem várias capacidades de inferências que deduzem o conhecimento presente na base. O algoritmo denominado subsunção (do inglês, *subsumption*) verifica se um conceito é um subconjunto de outro pela comparação de suas definições, e ainda verifica se um indivíduo (objeto) pertence a um conceito.

⁶⁵ Essa nomenclatura é originada do sistema KL-ONE (BRACHMAN e SCHMOLZE, 1985), no qual foi pioneiro na caracterização lógica para a interpretação de objetos, de classes e de relações.

Figura 5 - Arquitetura de um sistema baseado em lógica descritiva



Fonte: adaptado de Calvanese e Giacomo (2003, p.6).

Durante o final da década de 90, pesquisadores exploraram a ideia de como a representação de conhecimento da inteligência artificial poderia ser utilizada na Web. Baader, Horrocks e Sattler (2003) inserem a linguagem *DARPA Agent Markup Language + Ontology Inference Layer - DAML+OIL*, que tem sua fundamentação na lógica descritiva no contexto da Web Semântica. Os autores ponderam sobre a capacidade da linguagem de definir, integrar e suportar ontologias de forma a proporcionar um entendimento comum sobre os conceitos usados nas páginas Web. Posteriormente, surgiu uma linguagem derivada da DAML+OIL, a *Ontology Web Language – OWL*, com forte impacto na Web Semântica (CARDOSO, 2007). As linguagens para representação de ontologias, destacando a OWL, serão discutidas na seção 3.3.3 sobre Web Semântica.

3.1.3.2 Contribuições da CI

O campo da CI vem desenvolvendo e progredindo em teorias e metodologias para concepção de instrumentos destinados ao tratamento dos fenômenos relacionados à informação. Dentre esses instrumentos destacam-se os modelos para representação destinados ao desenvolvimento de sistemas de informação, especialmente os sistemas de recuperação da informação. É perceptível a importância da área de modelos e modelagem levando-se em consideração que as organizações e as pessoas têm exigências cada vez mais sofisticadas em relação aos sistemas de informação.

A atividade de modelagem requer do cientista da informação uma habilidade intelectual em abstrair o que de fato é de interesse em ser representado. Pode-se perceber o caráter subjetivo

dessa atividade, uma vez que, a abstração implica em decisões de modelagem muitas vezes subjetiva e passível de discussão, ou seja, os elementos componentes do modelo podem ser construídos conforme perspectiva, pontos de vista ou dimensões de um domínio particular. Além disso, o estabelecimento dos elementos a serem usados no sistema envolve um conhecimento amplo e atual do domínio ou área de assunto na qual se está modelando. Essa escolha também se relaciona com a *heteroglossia*, isto é, com a linguagem própria dos integrantes da área.

O modelo, resultado da ação de modelar, é uma representação simplificada e inteligível de um domínio ou campo de estudo em que características essenciais são consideradas em sua composição para fins de comunicação e de entendimento sobre a realidade. Sobre modelos e modelagem na representação das coisas Sayão (2001, p.83) elucida suas principais características:

Um modelo serve a muitos propósitos, mas serve fundamentalmente para comunicar alguma coisa sobre o objeto da modelagem de forma a gerar um entendimento mais completo sobre a realidade; a ação de modelar, por sua vez, impõe a quem modela uma visão clara e sem ambiguidades de quem ou do que está sendo modelado, além de exigir uma correta seleção dos elementos do universo do discurso que comporão a visão a ser representada. (SAYÃO, 2001, p.83)

No contexto dos sistemas de informação existem dois pontos cruciais para o sucesso em seu propósito de estabelecer comunicação efetiva: a realidade de quem modela e a realidade de quem utiliza a informação. O processo de modelagem e os modelos resultantes (campo das representações) objetivam estabelecer uma ponte elucidativa de conceitos entre os usuários com suas realidades pessoais e idiossincráticas e o sistema de informação com a sua realidade interna concebida por projetistas com abstrações subjetivas.

Alguns tipos de modelos são evidenciados na literatura de CI e campos correlatos como formas de representações consistentes para os sistemas de informação, a saber: modelo cognitivo, modelo de dados e modelo conceitual. Segundo Sayão (2001), os modelos que buscam descrever o sistema e sua estrutura são conhecidos como modelos de dados; os modelos cognitivos são os que mais se aproximam do modelo mental do usuário em relação ao sistema; finalmente, os modelos conceituais enquadram-se numa perspectiva de interpretar os usuários, o sistema e a interação entre eles. Nesta pesquisa de tese, o modelo de referência almejado para representar conteúdo multimídia classifica-se na categoria dos modelos conceituais.

A CI vem ampliando o interesse pelos modelos cognitivos e conceituais, principalmente, tendo em vista que os problemas de representação de documentos e informação no contexto digital tornam-se desafiantes no tocante a interoperabilidade entre sistemas de informação bem como na comunicação efetiva entre usuários e sistemas de informação. Na busca de interesses comuns, aliam-se ao campo da CI áreas e disciplinas, tais como ciências cognitivas, informática, psicologia, linguística, inteligência artificial, filosofia, educação no intuito de enriquecer recursos teóricos e metodológicos para a composição de um corpo de conhecimento multidisciplinar capaz

de proporcionar avanços científicos consideráveis ao tratamento da informação. Nesse sentido, as contribuições teóricas e metodológicas descritas a seguir buscam ilustrar esforços de pesquisa que a CI e outras comunidades vêm promovendo à área de modelagem conceitual (concomitante à área de representação de documentos e informação) para fins de melhorias no processo de recuperação de informação.

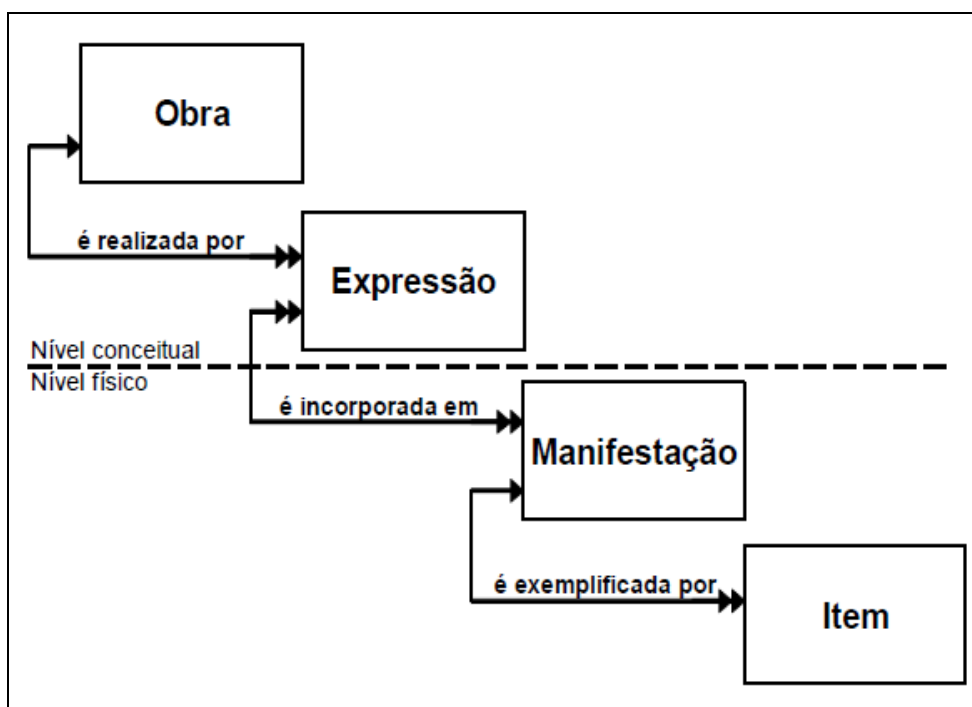
De acordo com Le Boeuf (2006), instituições como bibliotecas, arquivos e museus criaram regras pragmáticas com o propósito de descrever coleções e torná-las acessíveis a pesquisadores, além de formatos desenvolvidos para que as descrições fossem indexadas e armazenadas em máquinas. Tais formatos eram guiados por modelos de dados os quais já buscavam explicar conceitos e seus relacionamentos. Entretanto, os modelos não objetivavam ir além dos dados presentes em suas descrições, além de não focarem relacionamentos semânticos em suas representações.

A partir da década 90, pesquisadores internacionais da comunidade de bibliotecas e museus (IFLA, 1998; CROFTS, 2005) iniciaram o desenvolvimento de modelos conceituais interessados em aspectos semânticos de seus construtos. O projeto desses modelos estava interessado em fornecer uma visão de alto nível do domínio coberto por bancos de dados bibliográficos e destinados a museus. Alguns propósitos relativos a esses modelos são descritos a seguir: i) servir de ferramenta valiosa para avaliar a relevância de regras existentes para descrição, formatos e modelos de dados com o intuito de melhorá-los; ii) transmitir uma conceituação comum através da qual seja possível desenvolver ferramentas de mediação entre bancos de dados heterogêneos de modo a garantir interoperabilidade; e iii) servir como ontologias para contribuir no desenvolvimento do paradigma da Web Semântica. Dentro dessa perspectiva, encontram-se os modelos conceituais FRBR e CIDOC CRM.

O modelo conceitual para informação bibliográfica FRBR foi desenvolvido entre 1992 e 1997 e publicado em 1998 pelo grupo de estudo do IFLA. O modelo utiliza a abordagem entidade e relacionamento (FRBR_{ER}) de Peter Chen (1976) – conforme foi visto na seção 3.1.3.1 – apresentando conceitos e definições de entidades, relacionamentos e atributos, inovando assim o universo bibliográfico com ênfase no usuário e suas ações de encontrar, identificar, selecionar e obter o objeto bibliográfico (MORENO e ARELLANO, 2005). O modelo define um grupo⁶⁶ de 4 entidades (denominado Grupo 1) que representa produto de trabalho intelectual ou artístico em níveis de abstração distintos, a saber: Obra (*Work*), Expressão (*Expression*), Manifestação (*Manifestation*) e Item (*Item*). A Figura 6 retrata os níveis de abstração do Grupo 1 envolvendo as 4 entidades.

⁶⁶ Para um detalhamento do modelo e dos outros grupos, consultar (IFLA, 1998).

Figura 6 - Entidades FRBR do Grupo 1 e seus níveis de abstração



Fonte: adaptado de IFLA (1998, p.13).

Uma *Obra* é uma entidade que se encontra no nível conceitual e se define como uma criação intelectual ou artística distinta, por exemplo, a obra “Gabriela, cravo e canela” de Jorge Amado. Uma *Expressão* é a realização intelectual ou artística específica assumida por uma obra, por exemplo, a obra “Gabriela, cravo e canela” pode ser expressa em forma de texto e registro sonoro. Uma *Manifestação* encontra-se no nível de abstração físico, apesar de haver discussões na comunidade acerca de seu nível (LE BOEUF, 2006), e é a materialização de uma expressão de uma obra que pode ocorrer em livros, periódicos, filmes, animações multimídia, etc. Um exemplo de manifestação é uma edição específica de uma obra. Finalmente, uma manifestação é representada pelo *Item*, que é o objeto físico.

Além das entidades, o modelo FRBR permite caracterizá-las por meio de atributos e relacionamentos entre elas. Observa-se a partir dessas abstrações que o modelo promove uma percepção mais abrangente sobre o item bibliográfico, permitindo uma distinção entre o conteúdo (semântica) e a forma física do item (dado), e ainda possibilitando agrupamentos por semelhanças e relacionamentos (com restrições de cardinalidade) entre as entidades redundando em benefícios como: i) eficácia na recuperação da informação; ii) visualização facilitada de diferentes expressões de uma obra; iii) facilidade em encontrar todas manifestações; e iv) clareza no entendimento dos relacionamentos entre obras e expressões.

O modelo de referência conceitual (CRM) foi desenvolvido em 1994 pelo Comitê Internacional de Documentação (CIDOC) pertencente ao Conselho Internacional de Museus e tornou-se um padrão internacional ISO 21127:2006. O modelo é uma “ontologia formal direcionada a facilitar a integração, mediação e intercâmbio de informações heterogêneas do patrimônio

cultural”⁶⁷ (CROFTS, 2005, p.1). Segundo Le Boeuf (2006), o modelo fundamenta-se em princípios filosóficos de “ocorrentes” (do inglês, *occurents*) ou “perdurantes” (do inglês, *perdurants*) e “continuantes” (do inglês, *continuants*) ou “endurantes” (do inglês, *endurants*). A diferença entre os dois conceitos está na noção de *Eventos* (para os ocorrentes) e *Objetos* (para os continuantes). Segundo Guizzardi, Falbo e Guizzardi (2008), a diferença ocorre em suas respectivas relações com o tempo em que *Objetos* não mudam sua essência ao longo do tempo, preservando sua identidade durante as mudanças que ocorrem durante o período de sua existência; do contrário, *Eventos* são entidades compostas de partes temporais. Elas acontecem no tempo no sentido de se estenderem no tempo acumulando partes temporais. Nesse sentido, o modelo CIDOC CRM se destaca frente à maioria dos modelos de metadados que tem o recurso como objeto central de interesse (LIMA, 2008), pois a noção de *Evento* possibilita agregar à categoria: atores, coisas (físicas e abstratas), localidades e duração de intervalo de tempo.

Le Boeuf (2006, p.5) e Lima (2008, p.62) acrescentam que atualmente há um projeto⁶⁸ buscando harmonizar o modelo FRBR_{ER} com a ontologia CIDOC CRM. Esse projeto, ainda em andamento, já resultou em uma nova versão do modelo FRBR_{ER} denominado FRBR_{OO} (de orientado a objeto) (BEKIARI, DOERR e LE BOEUF, 2008) corrigindo inconsistências no antigo modelo (ex. a entidade *manifestação* passou a ser representada em duas classes distintas: uma com visão conceitual e outra relacionada à visão física) e inserindo a noção de *Evento* no mesmo.

Iniciativas recentes de pesquisa em CI estão interessadas em modelos conceituais bem fundamentados baseados em ontologias (CAMPOS, 2011; CAMPOS, CAMPOS e MEDEIROS, 2011; SILVA et al., 2012; MENDONÇA et al., 2012) para organização e representação de um domínio específico. Uma ontologia de domínio bem fundamentada é um modelo de domínio específico que se articula com um domínio de sistema de categorias formal e independente, denominado ontologias de fundamentação (GUIZZARDI e WAGNER 2009). As categorias ontológicas podem ser úteis no sentido de esclarecer o significado pretendido dos termos adotados por meio de um conjunto de distinções semânticas, evitando ambiguidade e melhorando, principalmente, a qualidade na representação da informação. Nesse sentido, Campos, Campos e Medeiros (2001, p.155) traçam considerações importantes sobre o perfil atual e necessário para o profissional da informação que lida com uma área em plena evolução:

[...] é importante que o Profissional da Informação se aproprie dos novos métodos e conhecimentos necessários para atender às novas demandas que se fazem presentes, e que envolvem as noções filosóficas e epistemológicas contidas em ontologias de fundamentação [...]. O entendimento dessas noções e as notações adotadas para a sua modelagem são complexos, mas oferecem um campo vasto de aplicação [...] (CAMPOS, CAMPOS e MEDEIROS, 2011, p.155).

⁶⁷ “formal ontology intended to facilitate the integration, mediation and interchange of heterogeneous cultural heritage information”.

⁶⁸ Para um detalhamento do projeto, consultar Crofts (2005).

3.2 ONTOLOGIAS NA ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

O conceito envolvendo “ontologia” tornou-se de interesse multidisciplinar para propósitos epistemológicos específicos na filosofia, linguística, biblioteconomia, inteligência artificial, ciência da Web, engenharia de software, lógica, apenas para citar alguns exemplos. Nesta pesquisa de tese, “ontologias” são de interesse como instrumento de organização de conhecimento que versa especialmente na análise de conceitos e relacionamentos de um domínio ou universo de discurso. Nesse sentido, o modelo ontológico tido como artefato sintetiza um sistema de organização do conhecimento (SOERGEL, 1997; HJØRLAND, 2003; HODGE, 2000) que objetiva organizar e representar conhecimento sobre conteúdo multimídia.

Na perspectiva desta pesquisa, uma ontologia volta-se principalmente a um ramo científico que busca endereçar soluções tecnológicas para o provimento de melhorias nos sistemas de recuperação da informação. Trata-se de iniciativas e esforços interdisciplinares na busca de minimizar ambiguidades em linguagem de modo que seu uso (por humanos e máquinas) possa ser compartilhado para representar e recuperar conhecimento entre comunidades afins, fornecendo maior nível semântico ao esclarecer o significado pretendido de entidades do mundo. Tal ramo é denominado na literatura de “Ontologia Aplicada” (GUARINO, 1998; SMITH, 2004), o qual agrega princípios teóricos da Ontologia Formal com demandas emergentes de organização da informação na sociedade como, por exemplo, na promoção de melhorias em linguagens de modelagem e modelos conceituais voltados à representação e organização de conhecimento de um dado domínio. A Web Semântica pode ser considerada uma dessas iniciativas que aplica teorias e técnicas, computacionais em especial, oriundas da IA, da lógica e da Ontologia Formal para a concepção de linguagens de representação de recursos (em mídias diversas) como, por exemplo, OWL que permite inferências automáticas na Web.

Na atividade de organização de conhecimento por meio de ontologias torna-se pertinente enumerar e descrever seus componentes (GRUBER, 1993b; GOMEZ-PEREZ, FERNANDEZ e VICENTE, 1996), a saber: i) **classes conceituais**, que organizam os conceitos de um domínio em uma taxonomia; ii) **atributos de classes**, que são propriedades relevantes do conceito; iii) **instâncias**, que são utilizadas para representar objetos específicos de um conceito; iv) **atributos de instâncias**, que são propriedades relevantes que descrevem as instâncias de um conceito; v) **relações entre classes**, que representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio; vi) **constantes**, que têm sempre o mesmo valor e, geralmente, são usadas em regras ou fórmulas para inferir conhecimento na ontologia; vii) **termos**, que designam os conceitos de um domínio; viii) **axiomas**, que restringem a interpretação e o uso dos conceitos envolvidos na ontologia; e ix) **fórmulas e regras**, que determinam condições ao domínio, além de inferirem valores para atributos.

A representação do conhecimento como campo de pesquisa na inteligência artificial vem concentrando seus esforços em técnicas de apreensão de conhecimento do domínio e explicitação do mesmo através dos sistemas baseados em conhecimento. As ontologias surgem como uma possibilidade na área de IA, especialmente na engenharia de ontologias, de especificar modelos formais, através de declarações lógicas, para representação de domínios de conhecimento. Busca-se tratar questões de natureza semântica envolvendo “as coisas” pertencentes ao domínio da aplicação, e viabilizar o tratamento da linguagem padronizada para que o conhecimento do domínio possa ser expresso e compartilhado.

Outros campos do conhecimento têm-se interessado nos estudos sobre ontologias, como é o caso da ciência da informação. Neste campo, buscam-se alternativas para amenizar os problemas na comunicação entre sistemas de informação e seus usuários. Pode-se ter, através de ontologias, um ponto de partida na modelagem conceitual de determinado domínio, buscando um entendimento compartilhado do mesmo. Desta forma, a comunidade de usuários envolvida no domínio passa a ter uma linguagem comum através da qual o seu conhecimento possa ser expresso, facilitando a comunicação entre esta comunidade e o sistema.

É válido ressaltar a importância dessa seção para a pesquisa, visto que a tese se propõe a conceber um modelo ontológico abrangente no domínio de anotação de documentos multimídia usando recursos teóricos e metodológicos advindos de campos de pesquisa nos quais o assunto ontologias se faz presente. Nesse sentido, a seção 3.2.1 delinea um entendimento do uso de ontologias em seu campo de origem, filosofia, além de ciência da informação e ciência da computação no sentido de distinguir ontologia vista como uma disciplina teórica e como um artefato para aplicações que fazem uso. A seção 3.2.2 elabora uma discussão sobre o papel do compromisso ontológico firmado entre a linguagem especificada pela ontologia e a conceituação para fins de representação de parte da realidade de um domínio. A seção 3.2.3 descreve os tipos de ontologia enfatizando a importância das ontologias de alto nível ou de fundamentação para o processo de modelagem conceitual que busca maior nível semântico. Finalmente, a seção 3.2.4 aborda atividades associadas ao processo de construção de ontologias advindas da engenharia de ontologias, fornecendo um panorama interdisciplinar envolvendo áreas como a engenharia de software e a engenharia do conhecimento no ciclo de vida das ontologias.

3.2.1 Ontologia e sua abordagem multidisciplinar

Ontologia tem sido objeto de estudo em diferentes campos de pesquisa e em domínios de conhecimento específicos como biomedicina, direito, bibliotecas digitais, bancos de dados, dentre outros. Na literatura, constata-se diversas publicações de autoria da filosofia, da ciência da computação (principalmente) e da ciência da informação numa tentativa de esclarecer o que é uma

ontologia e qual o seu propósito no campo. Para este último, ainda são poucas as contribuições nessa perspectiva (ALMEIDA, 2013).

O estudo do Ser ou essência das coisas em seu sentido abstrato pertence ao ramo da metafísica interessado na natureza de categorias de entidades existentes no mundo. Tal estudo é pesquisado em Ontologias como uma disciplina da filosofia. Na ciência da computação, uma ontologia é um artefato de *software* que tem utilizações específicas em ambientes computacionais (SMITH, 2004). A apropriação do termo “Ontologia” da filosofia pela comunidade de computação (em especial pela comunidade de inteligência artificial) deve-se ao fato de as ontologias servirem como meio de organização das coisas passíveis de representação simbólica nas máquinas. E, a partir desta representação formal, possibilitar raciocínio dedutivo através de regras de inferências. Vickery (1997) foi um dos primeiros do campo da ciência da informação a dar atenção ao assunto ontologia na organização e representação de conhecimento para endereçar melhorias aos sistemas de recuperação da informação, especialmente para a comunidade de biblioteconomia.

Dada a importância do assunto para os campos acima citados, as seções a seguir se ocupam em fornecer uma visão interdisciplinar envolvendo “ontologias”. A perspectiva interdisciplinar pode vir a ser útil em pesquisas que almejam unir esforços oriundos das Ontologias filosóficas e ontologias como artefatos à organização de informação e de conhecimento em aplicações de interesse à sociedade.

3.2.1.1 Ontologia na filosofia

Ontologia tem sua origem na filosofia que remete ao “[...] estudo do Ser; a área da metafísica que se relaciona ao Ser ou essência das coisas, ou o Ser no sentido abstrato” (THE OXFORD ENGLISH DICTIONARY, 1989). Nesse sentido, a metafísica está interessada na natureza e nas relações do Ser, sendo o conceito Ontologia designado como o estudo da existência.

A indagação sobre as coisas do mundo tem suas raízes no filósofo Aristóteles⁶⁹, que, ao conceituar uma “coisa”, separava os seus aspectos acidentais (atributos específicos das coisas – concebe o termo *differentia*) para então encontrar suas características comuns e essenciais. Esse processo intelectual através dos sentidos é considerado por Aristóteles uma *abstração* (ZILLES, 1998) de parte da realidade, na qual os objetos são analisados em seus aspectos mais gerais e classificados a partir de suas semelhanças e diferenças. No âmbito das ontologias de sistemas de informação (SMITH, 2004), a abstração é uma atividade intelectual demandada na representação de conceitos e relações entre conceitos que irão compor a ontologia.

⁶⁹ Considerado o mais poderoso e influente pensador da Grécia clássica (384-322 a.C.), ao lado de seu mestre Platão. Aristóteles dedicou-se ao estudo dos seres vivos e da natureza. Fez da biologia o modelo de suas investigações (ZILES, 1998, p. 62).

A compreensão da realidade através da representação do conhecimento fez com que Aristóteles se ocupasse em analisar primeiramente a linguagem, pois a considerava uma maneira de exprimir conhecimento do que realmente existe. Classifica, então, as expressões em categorias, dentre as quais se destacam a de: *substância, quantidade, qualidade, tempo, lugar, paixão, relação, estado, ação e posição* (CORAZZON, 2008b). As categorias ajudariam na organização de objetos ou coisas do mundo, uma vez que eles estariam classificados em tais categorias. Dessa forma, o raciocínio sobre os objetos poderia ser conduzido de uma maneira mais lógica e intuitiva.

Aristóteles ainda classifica os vários tipos de proposições em *universais* (todos os homens são mortais), *particulares* (alguns homens são bons) e *singulares* (Platão é o autor de *A República*). E ainda classifica as substâncias em gênero e espécie. O gênero apresenta propriedades em comum entre substâncias diferentes (o homem e o cavalo são animais), já a espécie apresenta diferenças entre um gênero (o homem é um animal *político*).

Segundo Zilles (1998), as proposições, regidas pela evidência, formam o conhecimento através de uma regra lógica, denominada por Aristóteles de *silogismo*. O exemplo de silogismo “Todo homem é mortal; Sócrates é homem; logo Sócrates é mortal” mostra duas proposições consideradas verdadeiras que levam a uma terceira “logicamente” verdadeira (não necessariamente seria uma proposição verdadeira perante a realidade do mundo). Essas leis do pensamento deveriam comandar as operações da mente. Desta maneira, deu-se início ao campo chamado lógica, que se preocupa em expressar formalmente o conhecimento, isto é, o raciocínio humano, sobre todos os tipos de coisas no mundo e relações entre elas (COPI, 1981).

Ressalta-se que não é propósito desta tese estabelecer uma discussão sobre as inúmeras contribuições de filósofos⁷⁰ acerca das teorias ontológicas, entretanto é válido atribuir a Edmund Husserl, um filósofo alemão do século 20, um papel em destaque nessa perspectiva. Husserl concebeu o termo “Ontologia Formal” observando aspectos relevantes na Lógica Formal para tratar teorias em estruturas ontológicas, tais como teoria das partes, teoria de todos, tipos e instanciação, identidade, dependência e unidade.

Cocchiarella (1991)⁷¹ *apud* Guarino (1995) descreve Ontologia Formal como “desenvolvimento sistemático, formal e axiomático da lógica de todas as formas e modos do Ser”⁷². Guarino (1995) afirma que o sentido formal é relacionado ao rigor imposto à *descrição das formas do Ser*, que em outras palavras significa dizer: expressividade semântica atribuída ao Ser. No processo de *descrição das formas do Ser*, as distinções entre entidades (objetos físicos, eventos, regiões, etc) e metacategorias (conceitos, propriedades, qualidades, estados, papéis, partes, etc)

⁷⁰ Para maiores informações consultar Guizzardi (2005), Almeida (2013) ou Corazzon (2008a).

⁷¹ COCCHIARELLA, N. B. Formal Ontology. In H.Burkhardt and B. Smith (eds.), *Handbook of Metaphysics and Ontology*. Philosophia Verlag, Munich: 640-647. 1991.

⁷² “The systematic, formal, axiomatic development of the logic of all forms and modes of being.”

tornam-se relevantes no processo de modelagem do mundo (GUARINO, 1995). Observa-se assim que tal percepção vai ao encontro às categorias de Aristóteles (CORAZZON, 2008a) na ação de classificar as coisas para a organização do conhecimento do mundo.

Como uma disciplina da filosofia, a Ontologia Formal busca tratar questões como as que se seguem: Que tipos de entidades existem? O que diferencia objetos de eventos, e como estão relacionados? O que são propriedades de uma coisa e como estão relacionadas com a coisa em si? Qual é a essência de um objeto? Um objeto é soma de suas partes? Guizzardi (2005) destaca que na ciência da computação, em especial na disciplina de modelagem conceitual, conceitos como parte e todo, instanciação e classificação, atribuições e relacionamentos, causalidade, interação, entre outros, são usados como primitivas em várias linguagens de modelagem. Entretanto, há uma ausência de suporte teórico para uma definição precisa do significado desses conceitos.

A disciplina “Ontologia Aplicada” (GUARINO, 1998; SMITH, 2004) tem feito uso de teorias da Ontologia Formal em domínios específicos e, atualmente, um número considerável de iniciativas em ciência da computação (LAGOZE e HUNTER, 2001; GUIZZARDI, 2005; ARNDT et al., 2009; GUIZZARDI e WAGNER, 2009; SAATHOFF e SCHERP, 2010) e em ciência da informação (CROFTS, 2005; CAMPOS, CAMPOS e MEDEIROS, 2011; CAMPOS, 2011; MENDONÇA e ALMEIDA, 2012) tem tirado proveito das teorias ontológicas para organização do conhecimento de domínios específicos.

3.2.1.2 Ontologia na ciência da computação

Na literatura de ciência da computação, o termo “ontologia” apareceu em 1967 em um trabalho de fundamentos sobre modelagem de dados de autoria de S. H. Mealy (SMITH, 2004). Os estudos sobre ontologias como artefato de *software* tiveram início na década 90 em áreas como sistemas de informação (SMITH, 2004), engenharia de domínio (FALBO, 1998; GUIZZARDI, FALBO e GUIZZARDI, 2008), inteligência artificial (GRUBER, 1993a; GRUBER, 1993b; GRUBER, 1994; GUARINO, 1995; GUARINO e GIARETA, 1995; GUARINO, 1998) e web semântica (BERNERS-LEE, HENDLER e LASSILA, 2001). Tais estudos culminaram na formação de vários fóruns de discussão na comunidade de ontologias, tais como a conferência denominada FOIS (*Formal Ontology and Information Systems*)⁷³ e a comunidade de prática ONTOLOG⁷⁴ *collaborative work environment*.

Autores como Guarino e Giaretta (1995) e Smith (2004) elucidam duas distinções importantes para os termos “Ontologia” e “ontologia” na ciência da computação. No primeiro caso, o termo **Ontologia** está relacionado à organização das coisas do universo e corresponde a uma

⁷³ <http://www.fois.org/>

⁷⁴ <http://ontolog.cim3.net/>

abordagem filosófica para criação de teorias ontológicas com uso da lógica (por exemplo, UFO, BFO, DOLCE). Já no segundo caso, **ontologia** tem um sentido prático, voltado à modelagem de conceituações que resulta em artefatos usados no escopo da engenharia de domínios e na representação de conhecimento pertencente à área de IA, cuja preocupação volta-se ao tratamento da representação formal e explícita em bases de conhecimento, conforme assinala Sowa (2000),

(...) **representação de conhecimento** é um assunto multidisciplinar, que aplica teorias e técnicas de três campos distintos: 1- A Lógica provê a estrutura formal e regras de inferência; 2 – A Ontologia define os tipos de coisas que existem no domínio da aplicação; 3 – A Computação proporciona as aplicações, que distinguem representação de conhecimento de filosofia pura (...). A Representação de Conhecimento é a aplicação da Lógica e da Ontologia na tarefa de construção de modelos computacionais de algum domínio. (Sowa, 2000)

Numa perspectiva interdisciplinar entre IA e filosofia, Chandrasekaran, Johnson e Benjamins (1999) definem que uma ontologia refere-se a conteúdo teórico sobre diversos objetos, a propriedades desses objetos e ao relacionamento entre objetos que são possíveis num domínio específico de conhecimento. Numa visão de aplicação, Uschold e Gruninger (1996) descrevem ontologias como termos usados para referenciar um conhecimento compartilhado em algum domínio de interesse, que pode ser usado como uma aplicação unificada para resolver problemas. Afirmam que uma ontologia necessariamente incluirá um vocabulário de termos e alguma especificação de seu significado. Esse vocabulário pode ser representado com distintos graus de formalismo: desde o altamente informal, utilizando-se linguagem natural, até o rigorosamente formal, representando-se os termos por meio de teoria lógica.

Guarino (1998) discorre sobre a utilidade das ontologias nos principais componentes de um sistema de informação considerando três aspectos: i) recursos de informação (bancos de dados e bases de conhecimento), ii) *interface* com o usuário e iii) programas de aplicação. Como um componente de bancos de dados a ontologia pode ser útil como um artefato resultante da análise de requisitos, ou seja, uma especificação explícita dos requisitos para bancos de dados que, posteriormente, poderia auxiliar a fase de modelagem. Há utilidade também na integração de bancos de dados heterogêneos a partir de ontologias disponíveis para mediação no processo de integração. Como um componente de *interface*, o usuário poderia, por exemplo, consultar e navegar na ontologia disponível no sistema de informação a fim de recuperar informações de forma precisa e em tempo hábil. Finalmente, como componente de aplicativo, o desenvolvedor pode fazer uso da ontologia para gerar parte do sistema de informação, além do aplicativo contar com uma representação explícita do conhecimento acerca do código do programa que pode vir a ser útil na comunicação entre agentes⁷⁵ computacionais para uma dada finalidade.

⁷⁵ Um agente computacional possui atributos que possam distingui-lo de simples programas, tais como operar sob controle autônomo, perceber seu ambiente, adaptar-se a mudanças e ser capaz de assumir metas de outros agentes (RUSSELL e NORVIG, 2004).

Chandrasekaran, Johnson e Benjamins (1999) comentam sobre a necessidade do uso de ontologias em algumas comunidades para fins de organização das informações em seus sistemas de informação. É o caso dos sistemas de recuperação de informação, bibliotecas digitais, integração de fontes de informações heterogêneas e máquinas de busca na internet. Essas últimas vêm utilizando ontologias na construção de categorias e subcategorias a fim de realizar consultas semânticas que melhorem as clássicas buscas por palavras-chave.

A Web Semântica (conforme foi será visto na seção 3.3.3) é um exemplo de aplicação que faz uso de ontologias como forma de representação de conceituações compartilhadas da realidade, servindo como ponte semântica entre usuários humanos e processamento de símbolos sintáticos (presentes nos recursos Web) pela máquina.

3.2.1.3 Ontologia na ciência da informação

O interesse sobre o assunto ontologias na ciência da informação acontece também na década 90. Vickery (1997) destaca questões presentes na pesquisa de ontologias que também são abordadas pela biblioteconomia, como a categorização de conceitos – princípio básico da teoria da classificação. E conclui que, apesar da similaridade evidente, os autores da inteligência artificial não referenciam trabalhos importantes da biblioteconomia, como, por exemplo, os métodos e técnicas empregados por Lancaster (1986) na construção de vocabulários controlados direcionados a sistemas de recuperação de informação.

Soergel (1999) destaca a carência de comunicação entre as comunidades que lidam com estruturas conceituais, nas quais os esforços para construção de produtos são fragmentados, resultando em considerável reinvenção de conceitos, como por exemplo, classificação. Segundo o autor, uma ontologia “é uma classificação de categorias básicas”⁷⁶. Sendo assim, as áreas que lidam com desenvolvimento de ontologias podem recorrer a técnicas utilizadas na ciência da informação para aproveitamento de metodologias já consolidadas no campo.

Os aportes teóricos e metodológicos da CI envolvendo estudos sobre sistemas de categorias (RANGANATHAN, 1967; BARBOSA, 1972; DAHLBERG, 1976; VICKERY, 1980, GUINCHAT e MENOU, 1994; BARITE, 2000; JACOB, 2004) e natureza de conceitos e relações (DAHLBERG, 1978; HJØRLAND, 2007; KHOO e NA, 2007) têm sido endereçados principalmente às linguagens documentárias, tais como tesauros, taxonomias, esquemas de classificação bibliográfica e listas de cabeçalhos de assunto para fins de recuperação de informação, a princípio, por pessoas. Diferentemente de ontologias que são concebidas para serem manipuladas, a priori, por máquinas em processos envolvendo inferências computacionais. Não obstante, esses

⁷⁶ “[...] the term ontology [...] classification of basic categories.”

mesmos aportes têm sido empregados em projetos envolvendo construção de ontologias (SILVA, 2008; CAMPOS, 2011), principalmente na fase de modelagem conceitual em que a conceituação da ontologia é concebida.

Pesquisadores renomados do campo (VICKERY, 1997; SOERGEL, 1997; FISCHER, 1998; SOERGEL, 1999; GILCHRIST, 2003; CURRÁS, 2003) vislumbram similaridades entre instrumentos utilizados na biblioteconomia, como tesouros, dicionários e taxonomias, e instrumentos utilizados na inteligência artificial, como ontologias. As similaridades estão principalmente na forma de elaboração da estrutura desses instrumentos, que demanda a organização de conceitos em processos que incluem categorização, classificação, definição de relações e tratamento da terminologia empregada na designação de conceitos e relações da estrutura. O aporte metodológico e as bases teóricas consistentes encontradas na ciência da informação bem como na biblioteconomia podem contribuir com métodos e técnicas na atividade de elaboração de categorias, classificações, definições e relações entre conceitos (RANGANATHAN, 1967; DAHLBERG, 1978).

Dahlberg (1978) contribui com a *teoria do conceito* ao propor analisar conceitos em um universo de itens para realização de definições, iniciando pela observação do referente, seguindo para um levantamento de suas características para, finalmente, chegar à denominação através do termo. Dahlberg define “conceito” como unidade de conhecimento e que sua formação se dá pela reunião e compilação de enunciados verdadeiros a respeito de determinado objeto (DAHLBERG, 1978). Tal definição, segundo Dahlberg, possibilita um entendimento mais objetivo daquilo que está sendo observado pelo indivíduo, o qual tem a capacidade de fazer afirmações sempre verdadeiras perante as coisas reais do mundo e comunicá-las através de uma forma verbal. No que diz respeito às relações entre conceitos, a teoria do conceito propõe as seguintes:

- Relações lógicas que podem ser categorizadas em:
 - Identidade: quando as características são as mesmas;
 - Implicação: quando os conceitos do objeto A estão contidos no objeto B;
 - Interseção: os dois conceitos coincidem em algum elemento;
 - Disjunção: os conceitos se excluem mutuamente, sem nenhuma característica em comum;
 - Negação: o conceito do objeto A inclui uma característica cuja negação se encontra no objeto B.
- Relações hierárquicas. Também conhecidas como relações gênero-espécie, subdivididas em hierárquica subordinada (cadeia) e hierárquica coordenada (renque). Quando dois conceitos possuem características idênticas e um deles possui uma

característica a mais do que o outro, então é possível estabelecer a relação hierárquica entre os conceitos. Por exemplo, temos árvore, árvore frutífera, macieira.

- Relações partitivas. É quando existe uma relação entre o todo e suas partes como, por exemplo: árvore e (raízes, tronco, folhas, etc.).
- Relações de oposição. É a noção oposta entre conceitos, tal como presente e ausente, caracterizando uma contradição, e a contrariedade, como branco e preto.
- Relações funcionais. Estas relações se aplicam a conceitos que expressam processos, através do caráter semântico e suas valências do verbo. Por exemplo: produção – produto – produtor.

Na organização de termos envolvidos em um domínio, a teoria da classificação facetada de Ranganathan (RANGANATHAN, 1967) propõe dividir um assunto por seus múltiplos aspectos ou facetas, isto é, em grupos de classes reunidas por um mesmo princípio de divisão (BARBOSA, 1972; DAHLBERG, 1976; VICKERY, 1980, GUINCHAT e MENOU, 1994). Um conjunto de facetas com características comuns é chamado de categoria, que é uma divisão altamente generalizada do conhecimento.

Barite (2000, pps. 5 e 6) explicita que “[...] categorias são relevantes como instrumentos de análise e organização de objetos, fenômeno e conhecimento”. E ainda que “[...] a noção de categoria facilita o processo de análise de assunto [...] ajuda no estabelecimento da correta precedência entre os vários assuntos nos documentos [...]”⁷⁷. Jacob (2004, p.518) afirma que o mundo é dividido em grupos ou categorias que compartilham alguma similaridade dentro de um domínio. As categorias especificadas podem variar de domínio para domínio de acordo com o poder de abstração de quem está modelando o sistema. De posse de instrumentos como facetas ou categorias pode-se obter apoio metodológico da CI em três frentes, a saber: i) as categorias fundamentais PMEST propostas por Ranganathan em sua teoria da classificação facetada; ii) as categorias fundamentais estendidas posteriormente pelo *Classification Research Group* – CRG para construção de tesauros; e iii) as categorias e as subcategorias formais de Dahlberg em sua teoria do conceito.

As cinco categorias fundamentais de Ranganathan *Personalidade, Matéria, Energia, Espaço e Tempo* permitem a divisão de qualquer assunto de qualquer área do conhecimento utilizando, para tal, um método dedutivo, no qual se considera primeiro o domínio ou contexto para depois fazer o tratamento dos elementos que compõem tal domínio. Desse modo, o método possui mecanismos de representação para trabalhar com metaníveis conceituais – as categorias predefinidas e, a partir delas, os conceitos são ordenados para formar classes de conceitos.

⁷⁷ “[...] categories are only relevant as instruments of analysis and organization of objects, phenomena and knowledge”. E ainda que “[...] the notion of category facilitates the subject analysis process [...] helps to establish correct precedence among several subjects in a documents [...]”

As dez categorias fundamentais estendidas pelo CRG são de natureza flexível por serem moldadas a partir de assuntos específicos, a saber: i) coisas, substâncias, entidades; ii) suas partes; iii) sistemas de coisas; iv) atributos de coisas; v) objeto da ação; vi) relações entre coisas; vii) operações sobre coisas; viii) propriedades de atributos, relações e operações; ix) lugar, condição; e x) tempo. Os tesouros baseados em facetas geralmente utilizam as categorias propostas pelo CRG.

As categorias e as subcategorias formais propostas por Dahlberg são em número superior às fundamentais de Ranganathan. A proposta de Dahlberg recomenda quatro categorias e doze subcategorias, a saber: Entidades (Princípios, Objetos imateriais e Objetos materiais), Propriedades (Quantidades, Qualidades e Relações), Atividades (Operações, Estados e Processos) e Dimensões (Tempo, Posição e Espaço).

Observa-se, assim, que as categorias manifestadas nas facetas servem de instrumento facilitador ao entendimento da natureza dos conceitos e das relações entre os conceitos, facilitando, dessa forma, a atividade de definição de termos. Na concepção da taxonomia, uma ontologia de alto nível é requerida como alternativa de reúso dos conceitos mais genéricos que irão compor a terminologia da ontologia de domínio. Desse modo, o esquema facetado pode auxiliar o cotejamento entre as categorias sintetizadas e as categorias da ontologia de alto nível (PRIETO-DÍAZ, 2003), visto que as primeiras estão organizadas em metaníveis conceituais, aproximando-se, desse modo, dos conceitos da ontologia de alto nível. Além disso, o esquema facetado pode auxiliar o *ontologista* na identificação de termos sinônimos e ambíguos, termos genéricos e termos específicos dentro de cada faceta.

Silva, Souza e Almeida (2008), a partir da observação da potencialidade de contribuições teóricas da CI, traçam um estudo comparativo sobre metodologias e métodos para construção de ontologias e vocabulários controlados. A pesquisa proporcionou um arcabouço teórico-metodológico para a proposição de princípios metodológicos para construção de ontologias de domínio através da integração de teorias e metodologias da CI e da CC (SILVA, 2008).

3.2.2 Ontologia e conceituação

Em vários pontos da tese percebe-se o uso do termo “conceituação” no escopo de assuntos relacionados a ontologias. A clareza no entendimento do conceito “conceituação” é importante para a presente pesquisa quando se propõe a conceber um modelo conceitual baseado em ontologias para o domínio de anotação de documentos multimídia. E, nesta atividade de modelagem conceitual está implícito o tratamento da conceituação que, de acordo com Fernandez, Gomez-Perez e Juristo (1997), descreve o problema e sua solução através de um modelo conceitual que representa o domínio. Constrói-se o que se tem denominado na literatura (GOMEZ-PEREZ, FERNANDEZ e VICENTE, 1996; FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e JURISTO, 1997;

FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e CORCHO, 2004) de representações intermediárias, as quais buscam identificar e reunir o conhecimento útil do domínio como conceitos, verbos, instâncias e propriedades. Nesse sentido, uma definição consistente sobre ontologia torna-se relevante.

Uma das definições mais citadas na literatura e também debatida na comunidade de ontologias vem de Gruber (1993a, p.199) que define ontologia como uma “especificação explícita de uma conceituação”⁷⁸. Tal definição é discutida por alguns autores no que diz respeito à noção do termo “conceituação”. Guarino e Giaretta (1995) afirmam que o problema está em considerar a noção extensional ao definir “conceituação”.

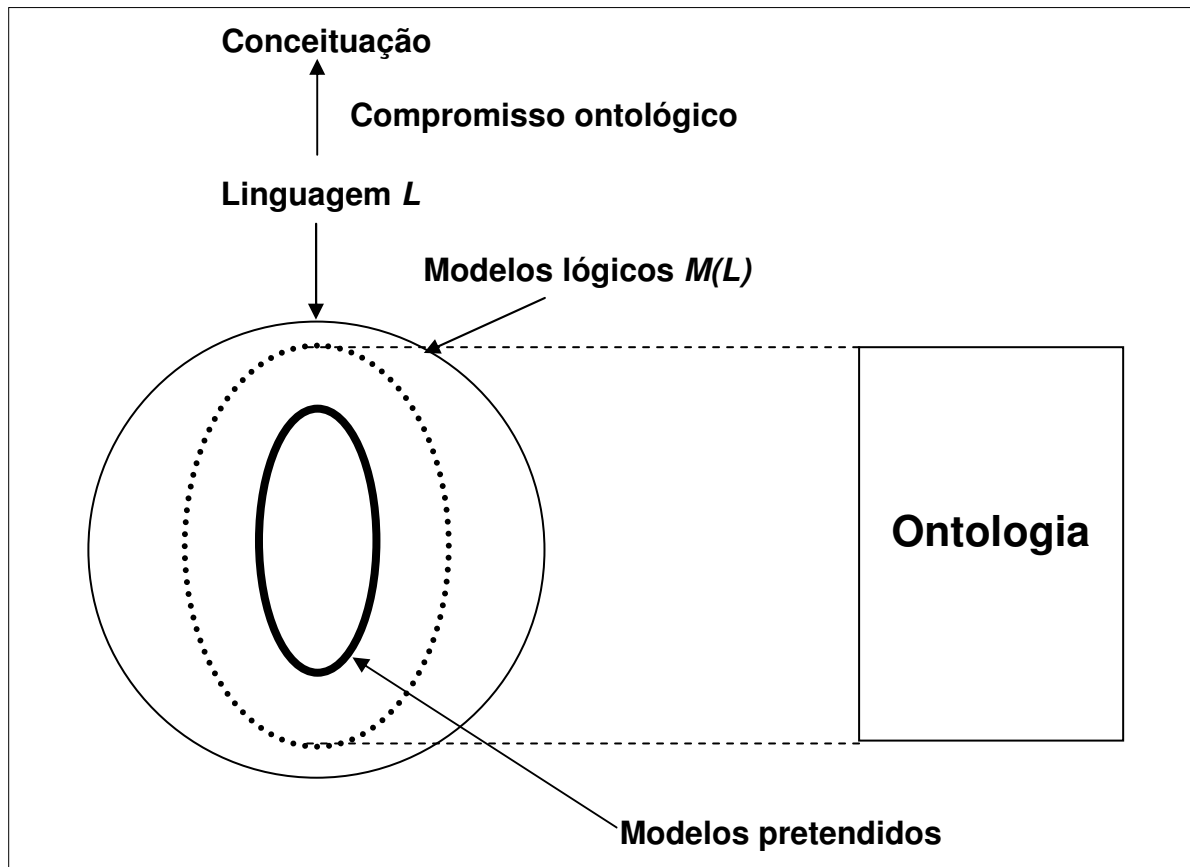
Uma conceituação como um conjunto de conceitos é determinante de todos os modelos possíveis admissíveis em um domínio. Guarino (1998) considera uma conceituação como um sistema de categorias, como é usado na filosofia, independente de linguagem e de estado epistêmico particular. Guarino e Giaretta (1995) assinalam que a noção extensional sugerida na definição de Gruber (1993a) está relacionada a um estado particular das coisas e não representa a estrutura semântica de certa realidade ou modelo pretendido. Uma conceituação seria, assim, melhor definida a partir de uma noção intensional, na qual se considera todos os estados de coisas, e que é independente de um vocabulário de linguagem particular (UML, OWL, F-LOGIC, por exemplo).

A interpretação intensional é determinada pelo compromisso ontológico entre a linguagem do modelo pretendido e a conceituação. Nesse sentido, a conceituação precisa se comprometer a usar um vocabulário que seja coerente com a linguagem do modelo pretendido. Finalmente, um conjunto de modelos constitui uma conceituação; já os modelos são construídos através de uma linguagem de modelagem, especificada pela ontologia. A conceituação é, assim, independente da linguagem do modelo, já a ontologia em si permanece dependente da linguagem, e de suas restrições específicas.

Diante das explicações acima, é válido afirmar que uma ontologia possui uma conceituação que a fundamenta e que esta ainda pode fundamentar diferentes modelos. As relações entre linguagem, conceituação, compromisso ontológico e ontologia podem ser conferidas na Figura 7.

⁷⁸ “An Ontology is a explicit representation of a conceptualization”.

Figura 7 - Representação de uma ontologia e sua relação com a conceituação



Fonte: adaptado de Guarino (1998, p.7).

A Figura 7 indica que para uma ontologia se aproximar de um modelo pretendido, deve-se obter uma conceituação que se conforme a realidade (com axiomas formais que restringem a interpretação do vocabulário), mais um conjunto de conceitos e relações relevantes estabelecido de maneira consensual entre a comunidade envolvida. Nesse sentido, Guarino (1998, p.5) aprimora a definição de Gruber descrevendo uma ontologia como sendo um artefato de engenharia, constituído por um vocabulário intensional utilizado para descrever certa realidade, em conjunto com pressupostos explícitos em uma teoria lógica representando conceitos e relações de maneira clara e não ambígua.

Nesta tese, o conceito ontologia é usado em conformidade com esta definição de Guarino, ou seja, ontologias trabalhadas como um artefato computacional (um modelo conceitual, em especial) composto de um vocabulário com conceitos e relações representando parte da realidade do domínio de anotação multimídia.

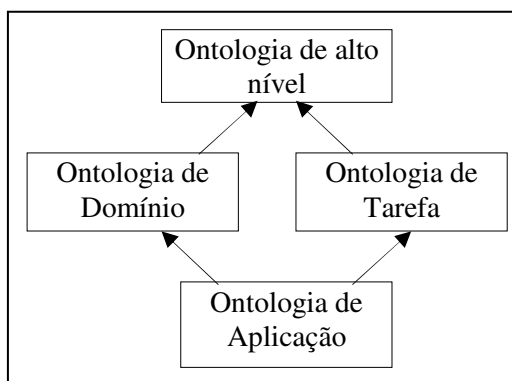
3.2.3 Tipos de ontologias

Apesar da falta de consenso entre alguns autores em relação à classificação de tipos de ontologias (MIZOGUCHI; VANWELKENHUYSEN; IKEDA, 1995; VAN HEIJST; SCHREIBER;

WIELINGA, 1997), Guarino (1998) classifica ontologias em quatro categorias com base em seu conteúdo: de alto nível, de domínio, de tarefas e de aplicação.

As ontologias de **alto nível** descrevem conceitos bastante gerais, tais como, espaço, tempo, matéria, objeto, etc., que são independentes de um domínio particular. As ontologias de **domínio** descrevem um vocabulário relacionado a um domínio genérico, tal como medicina. As ontologias de **tarefas** também expressam um vocabulário inerente a um domínio genérico ou uma tarefa genérica, como vendas. Ambos os tipos são especializações de termos advindos da ontologia de alto nível. Percebe-se que a definição de ontologia de domínio e de tarefa se sobrepõe, estabelecendo certa confusão em relação ao termo a ser utilizado. E, finalmente, as ontologias de **aplicação** descrevem conceitos dependentes de domínio e de tarefa particulares, que geralmente são especializações dos termos advindos das ontologias de domínio e de tarefa. A Figura 8 apresenta os níveis de dependência entre os tipos de ontologias e os relacionamentos de especializações existentes entre elas.

Figura 8 - Tipos de ontologias



Fonte: adaptado de Guarino (1998).

As ontologias de **domínio** são o tipo mais comumente desenvolvido, sendo que diversos trabalhos podem ser encontrados na literatura, como na área de química (GÓMEZ-PEREZ, FERNANDEZ e VICENTE, 1996), modelagem de negócio (GRUNINGER e FOX, 1995), bioinformática (STEVENSON et al., 2004), modelagem de processos de *software* (FALBO, 1998), entre outros. No escopo da tese, exemplos de ontologias no **domínio multimídia** são a COMM (ARNDT et al., 2009) e a M3O (SAATHOFF e SCHERP, 2010). Ontologias classificadas como sendo de domínio necessitam de ontologias de alto nível para concepção da estrutura inicial, conforme indica a Figura 8.

Na área de Ontologia, ontologias de alto nível têm sido denominadas “Ontologias de Fundamentação” (do inglês, *Foundational Ontologies*), consideradas sistemas de categorias filosoficamente bem empregadas e independentes de domínio (GUIZZARDI, 2005). Podem-se citar algumas ontologias de fundamentação disponíveis: a *Unified Foundational Ontology* (UFO) (GUIZZARDI e WAGNER, 2004; GUIZZARDI, 2005), a *Basic formal ontology* (BFO)

(GRENON, SMITH, e GOLDBERG, 2003; SMITH e GRENON, 2004) e a *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering* (DOLCE) (GANGEMI et al., 2002; MASOLO et al., 2003). A UFO é uma ontologia de fundamentação baseada em teorias de ontologia formal, lógica filosófica, filosofia da linguagem, linguística e psicologia cognitiva. Foi desenvolvida com o intuito de prover uma fundamentação ontológica para linguagens gerais de modelagem. A BFO é uma ontologia de fundamentação de base científica utilizada como padrão biomédico. E a DOLCE é uma ontologia conceitualista baseada em aspectos cognitivos, filosóficos e linguísticos.

Segundo Guizzardi, Falbo e Guizzardi (2008), as ontologias de fundamentação têm sido utilizadas com sucesso em projetos voltados a melhoria em linguagens de modelagem e modelos conceituais. Em Cordeiro et al. (2011) é exibida uma abordagem de concepção de ontologias de domínio bem fundamentadas como base para a integração de modelos conceituais. Tais ontologias são desenvolvidas usando-se um sistema formal de categorias oriundo de ontologias de fundamentação. Segundo os autores, essa prática traz benefícios semânticos quando esclarece o significado pretendido sobre os termos, evitando possíveis ambiguidades.

As ontologias de fundamentação parecem buscar uma caracterização bem próxima do que se denomina na literatura de conceituação, conforme assinalaram Guarino (1998) e Guizzardi (2005) na seção anterior. Viabilizam, desse modo, o compromisso ontológico entre a linguagem especificada pela ontologia e a conceituação do domínio. Acredita-se que as ontologias de fundamentação possam orientar eficazmente (através de sua estrutura ontológica) o processo de modelagem conceitual, principalmente na atividade de reúso de conceitos, fornecendo maior nível semântico e restringindo interpretações sobre seus conceitos com base em um vocabulário claro e livre de ambiguidades.

3.2.4 Engenharia de ontologias

Para Fernández (1999), um importante pesquisador da área de engenharia de ontologias, o processo de desenvolvimento de ontologias deveria ser fundamentado no padrão internacional IEEE-1074, norma para desenvolvimento de *software* advinda da área de engenharia de software. O autor ressalta que algumas extensões na norma IEEE-1074 em conjunto com algumas adaptações particulares às ontologias deveriam ser levadas em consideração no processo de construção das mesmas. E justifica a aplicação da norma no processo de construção de ontologias por considerá-las como um componente de produtos de *software*⁷⁹.

⁷⁹ “[...] ontologies are part (sometimes only potentially) of *software* products. [...] ontologies should be developed according to the standards proposed for *software* generally, which should be adapted to the special characteristics of ontologies.”

Na engenharia de software existem metodologias⁸⁰ já consolidadas, difundidas e bem aceitas na indústria de *software* (PRESSMAN, 2002) como é o caso do *Extreme Programming*, conhecido como XP⁸¹; e do *Unified Process* (BOOCH; JACOBSON e RUMBAUGH, 2006), ou Processo Unificado, o qual serve de base para a criação de outros processos de *software* devido a sua extensibilidade. Exemplos de processos de *software* baseados no Processo Unificado são o RUP⁸² (*Rational Unified Process*), a sua extensão EUP⁸³ (*Enterprise Unified Process*) e o Praxis (PAULA FILHO, 2003), ou PProcesso para Aplicativos eXtensíveis e Interativos. O mesmo pode ser dito para a área de engenharia de conhecimento, na qual possui metodologias reconhecidas como é o caso da metodologia KADS (WIELINGA, SCHREIBER e BREWKER, 1992), que deu origem a algumas ferramentas de aquisição semiautomática de conhecimento (REZENDE, 2003), e sua extensão, a metodologia CommonKADS⁸⁴, utilizada em muitas organizações e universidades Europeias para desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento.

Entretanto, percebe-se um cenário relativamente diferente na engenharia ontológica, na qual diversas metodologias têm sido apresentadas e discutidas para construção, reutilização e avaliação de ontologias (GUARINO e WELTY, 2000; FERNÁNDEZ et al., 1999; JONES; BENCH-CAPON; VISSER, 1998; USCHOLD e GRUNINGER, 1996; GÓMEZ-PEREZ, FERNANDEZ e VICENTE, 1996; GRUNINGER e FOX, 1995), mas apresentam abordagens e características diversas, sendo direcionadas a diferentes propósitos e aplicações, ou seja, não possuem propostas unificadas, sendo que grupos diferentes utilizam diferentes abordagens (FERNÁNDEZ et al., 1999).

O ciclo de vida da ontologia contempla um conjunto de estágios e atividades que são utilizados em seu processo de desenvolvimento. O processo de construção de ontologias mais comumente encontrado na literatura (FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e JURISTO, 1997; GRUNINGER e FOX, 1995; USCHOLD e GRUNINGER, 1996; NOY e MCGUINNESS, 2001) inclui as atividades de: i) planejamento; ii) especificação de requisitos; iii) aquisição de conhecimento; iv) integração; v) conceituação; vi) formalização; vii) implementação; viii) avaliação; e ix) documentação.

Na atividade de **planejamento** ocorre um levantamento das principais tarefas necessárias ao processo de construção da ontologia em função de um estudo do ambiente, descrevendo como tais tarefas serão organizadas, quanto tempo será gasto para cada tarefa, e quais recursos serão demandados no processo, como pessoas, *software* e *hardware*. Além disso, na

⁸⁰ Não se pretende, aqui, realizar uma revisão da literatura sobre os processos de *software* citados.

⁸¹ <http://www.extremeprogramming.org/>

⁸² <http://www.ambysoft.com/unifiedprocess/rupIntroduction.html>

⁸³ <http://www.enterpriseunifiedprocess.com/>

⁸⁴ Informações adicionais em <http://www.commonkads.uva.nl/>

atividade de planejamento ocorre um estudo de viabilidade buscando responder questões sobre a possibilidade e a adequação de construção da ontologia.

A **especificação de requisitos** requer o conhecimento sobre o domínio que se deseja representar, de forma a identificar possíveis problemas que a ontologia deverá ser capaz de resolver. A partir desta identificação, Gruninger e Fox (1995) inserem o conceito de *questões de competência*⁸⁵ as quais são elaboradas na intenção de que seja possível representá-las e respondê-las usando a ontologia a ser desenvolvida. A formulação das questões é feita usando-se linguagem natural a fim de determinar o escopo da ontologia, as tarefas e os problemas que a ontologia pode solucionar antes de sua construção. Segundo Gruninger e Fox (1995), as questões de competência não geram compromissos ontológicos. Elas são usadas para avaliar os compromissos ontológicos estabelecidos no domínio, isto é, verificar se a ontologia consegue responder às questões demandadas no domínio. Nesse sentido, tornar-se-ia possível avaliar a expressividade da ontologia frente à porção de realidade que se pretende representar. A definição do propósito da ontologia também é demandada nesta fase, a qual determina a necessidade de construção da ontologia e os fins de utilização da mesma. Destaca-se aqui a importância da abstração por parte da pessoa que está executando a atividade de especificação, tendo em vista a subjetividade influenciada por fatores cognitivos e pelo conhecimento prévio de cada indivíduo sobre o domínio. O processo de abstração é responsável pela imposição de coerência acerca dos conceitos capturados como partes essenciais do domínio no qual se pretende representar.

A **aquisição de conhecimento** é uma atividade conhecida na área de engenharia do conhecimento, utilizada principalmente na criação de bases para sistemas baseados em conhecimento e sistemas especialistas (REZENDE, 2003). O profissional especializado na execução dessa atividade é o engenheiro de conhecimento, que tem como tarefa estudar o domínio e, por meio de uma interação intensa com especialistas da área, criar um modelo que represente as características conceituais do domínio. Na intenção de tornar mais efetivo o processo de aquisição de conhecimento, várias técnicas têm sido desenvolvidas, desde a manual (diretrizes do processo conduzido pelo próprio engenheiro) até a automática (como mineração de conhecimento de extensas fontes de dados ou implantando mecanismos de inferências que permitam aprendizado automático pela máquina). As técnicas manuais, semiautomáticas e automáticas podem ser encontradas em detalhe em Rezende (2003). No campo das ontologias, o profissional responsável pelo processo de construção, conhecido como *ontologista*, também necessita estudar o ambiente e criar um modelo conceitual do domínio. Dessa forma, a atividade de aquisição de conhecimento é também praticada pela engenharia ontológica na obtenção de conhecimento sobre o domínio. O

⁸⁵ Um exemplo de questão de competência pode ser “Quais as fotografias e os manuscritos disponíveis no acervo de documentos que retratam a Revolução de 1930? Documentos inerentes ao presidente Getúlio Vargas são recuperados no acervo”.

processo de aquisição de conhecimento ocorre, muitas das vezes, simultâneo a outras atividades, como nas atividades de especificação e conceituação (FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e JURISTO, 1997). As possíveis fontes para obtenção de conhecimento são: especialistas do domínio, livros, manuais, normas, figuras, tabelas, outras ontologias, etc. E as possíveis técnicas para se obter conhecimento são: entrevistas não estruturadas (conhecida como técnica de *brainstorming*) e estruturadas, ferramentas de aquisição de conhecimento e análise informal e formal de documentos.

A atividade de **integração** é considerada integral, ou seja, ocorre em processos executados concomitante às atividades de modelagem, implementação e manutenção da ontologia. Ontologias geralmente são construídas reusando outras ontologias (de alto nível e de domínio, principalmente) já disponíveis, isto é, aproveitando conceitos de conceituações que conseguem se adequar à realidade da conceituação que está sendo construída. A maioria das metodologias para construção de ontologias encontradas na literatura (SILVA, SOUZA e ALMEIDA, 2008) considera a atividade de integração, confirmando que a integração é parte importante do processo de construção de ontologias, no sentido de poupar esforços e tempo. Desse modo, a integração fica como uma alternativa para facilitar a construção de ontologias.

A atividade de **conceituação** descreve o problema e sua solução através de um modelo conceitual que representa o domínio. Constrói-se um *glossário de termos*, incluindo conceitos, verbos, instâncias e propriedades, que busca identificar e reunir o conhecimento útil do domínio. Uma dificuldade encontrada nessa fase é na definição da terminologia direcionada aos conceitos e as relações. Pode acontecer de um mesmo termo ser utilizado para representar vários conceitos, o que pode gerar ambiguidades na interpretação do conhecimento. Outras vezes, vários termos representam um mesmo conceito. Tais problemas podem propiciar modelos incompletos e inconsistentes, tendo em vista que o modelo ainda encontra-se no nível informal, isto é, suas definições são apresentadas em linguagem natural, dando margem à existência de ambiguidades e inconsistências. Uma alternativa para facilitar a construção do modelo conceitual é buscar integrar a conceituação da ontologia em questão a ontologias existentes, conforme anteriormente mencionado. Esta atividade considera a reutilização de conceitos existentes em outras ontologias. A proposta é examinar a conceituação de metaontologias (ou, ontologias de alto nível) e selecionar (parcialmente ou por completo) àquelas que melhor se ajustarem ao modelo que está sendo construído.

A atividade de **formalização** consiste em transformar o modelo conceitual concebido na atividade de conceituação em um modelo formal a fim de definir de forma precisa o seu significado. O profissional envolvido na construção da ontologia concentra-se no processo de modelagem computacional do problema, usando uma teoria lógica. As técnicas empregadas nessa fase são oriundas da área de IA, conforme vistas na seção 3.1.3.1. A formalização permite ao *ontologista* tratar questões de complexidade computacional do problema, isto é, alguns problemas resolvidos

por meio de uma linguagem formal são computacionalmente intratáveis. Essa complexidade de processamento fica explícita na formalização dos conceitos relevantes para o problema (REZENDE, 2003). Daí a importância do profissional saber escolher a linguagem de representação que melhor se enquadre nas necessidades da ontologia.

Uma vez formalizada, a ontologia deve ser codificada em uma linguagem formal legível para a máquina. A **implementação** consiste em mapear o modelo formal em uma linguagem que se conforme com as demandas, tais como Flogic, Prolog⁸⁶, Ontolingua⁸⁷, RDFS, OWL, etc. Ferramentas para construção de ontologias podem ser utilizadas como apoio, pois a atividade de implementação é considerada dispendiosa. Uma lista de ferramentas e linguagens para construção de ontologias, juntamente com a descrição das mesmas, pode ser encontrada em Almeida e Bax (2003, pps. 15-16).

Após a construção da ontologia é necessário verificar se ela atende ao propósito para o qual foi desenvolvida. A **avaliação** consiste em executar um julgamento técnico da ontologia, isto é, verificar se o conhecimento apreendido na estrutura corresponde ao domínio no qual foi feita a aquisição de conhecimento. Almeida (2006) apresenta algumas abordagens para validação de conteúdo da ontologia advindas da CI, como qualidade da informação para estudar usabilidade, necessidades de usuários e de uso da informação; qualidade de dados, proveniente CC; questões de competência, da área de pesquisa de ontologias; e objetivos educacionais de aprendizado, da área de educação. Algumas propostas de metodologias para avaliação de ontologias podem ser encontradas em Guarino e Welty (2000) e Gómez-Pérez (1994).

A atividade de **documentação**, considerada imprescindível em cada fase do ciclo de vida da ontologia no sentido de registrar todo o conhecimento acerca do projeto de construção. Pode vir a ser útil no caso de surgir necessidade de manutenção (modificação na estrutura) e reúso da ontologia em outras aplicações.

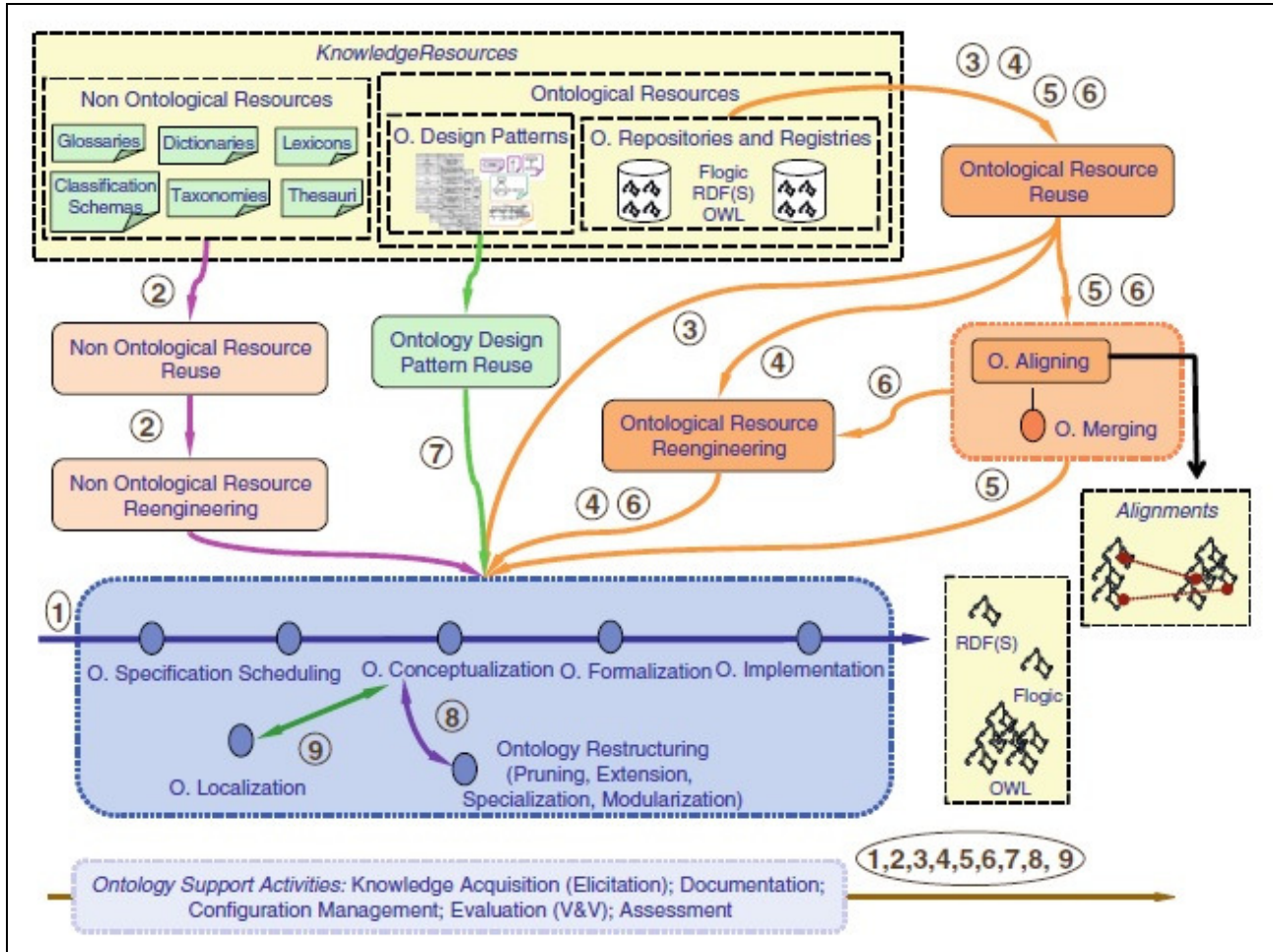
Atualmente, comunidades de engenharia de ontologias e Web Semântica vêm adotando um novo paradigma de desenvolvimento de ontologias, em oposição ao processo de construção do “zero”, como na maioria dos casos. Trata-se de ontologias criadas e mantidas por múltiplos grupos de usuários em ambientes colaborativos. Tais grupos buscam reutilizar o máximo possível ontologias existentes e padrões de projeto no processo de construção. A metodologia *NeOn Methodology* (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010; SUÁREZ-FIGUEROA, GÓMEZ-PÉREZ e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012) se baseia em cenários para construção de ontologias em rede (com aspectos colaborativos de desenvolvimento e reúso de ontologias) oferecendo um guia metodológico que orienta o desenvolvimento sob vários aspectos, tais como reúso de recursos

⁸⁶ É uma linguagem de programação que se enquadra no paradigma de programação em lógica matemática. Geralmente está associada à área de inteligência artificial.

⁸⁷ Linguagem que combina paradigmas de linguagens baseadas em *frames* e lógica de primeira ordem.

ontológicos e não ontológicos, padrões de projeto voltados a reuso de ontologias, dentre outros. A Figura 9 apresenta a interação do conjunto de nove cenários propostos no guia para a construção de ontologias em redes. Tal interação encontra-se subjacente a um modelo de ciclo de vida, representado pelo Cenário 1 indicado na figura.

Figura 9 – Cenários *NeOn* para construção de ontologias em rede



Fonte: Suárez-Figueroa, Gómez-Pérez e Fernández-López (2012, p.13).

Os nove cenários propostos pela metodologia *Neon* são descritos brevemente a seguir de modo a fornecer uma visão geral do guia.

O Cenário 1 – *da especificação à implementação* – compreende atividades centrais (anteriormente elucidadas) que, combinadas com os demais cenários, podem ser realizadas em qualquer desenvolvimento de ontologias. O propósito deste cenário é produzir um documento de especificação de requisitos da ontologia, incluindo o propósito, o escopo e a linguagem de implementação da rede de ontologias. Finalmente, este cenário recomenda a concepção de questões de competência como formato primordial para o conjunto de requisitos levantados, bem como um pré-glossário de termos representando o vocabulário da ontologia.

O Cenário 2 - *reúso e reengenharia de recursos não ontológicos* – compreende o reúso de possíveis recursos não ontológicos, os quais já tenham alcançado algum nível de consenso entre

uma comunidade. Entende-se por recursos não ontológicos certos vocabulários cuja semântica ainda não tenha sido formalizada por meio de uma ontologia, como, por exemplo, glossários, dicionários, esquemas de classificação, taxonomias, tesauros, dentre outros. Neste cenário, esses recursos são utilizados para criar ou aprimorar uma rede de ontologias em um domínio específico utilizando-se de processos de reengenharia no sentido de adaptá-los no âmbito de uma ontologia.

O Cenário 3 - *reúso de recursos ontológicos* – compreende o reúso de possíveis recursos ontológicos existentes para a construção ou aprimoramento de uma rede de ontologias. Um recurso ontológico abrange, por exemplo, ontologias já definidas ou partes de ontologias disponíveis e úteis à resolução de problemas. Para tal, o cenário indica atividades associadas à seleção de recursos ontológicos adequados à construção da rede de ontologias almejada.

O Cenário 4 – *reúso e reengenharia de recursos ontológicos* – compreende a seleção de recursos ontológicos úteis ao reúso no processo de construção da rede de ontologias. Entretanto, tais recursos demandariam reengenharia ou modificações em suas estruturas em função de não corresponderem exatamente aos requisitos da nova ontologia.

O Cenário 5 – *reúso, alinhamento e combinação de recursos ontológicos* – compreende as atividades de reúso recomendadas no Cenário 3. Contudo, agrega a necessidade de reúso de vários recursos ontológicos do mesmo domínio para criar um novo recurso por meio de combinações selecionadas, possivelmente sobrepostas, de recursos ontológicos.

O Cenário 6 – *reúso, alinhamento, combinação e reengenharia de recursos ontológicos* – compreende a seleção de vários recursos ontológicos a fim de serem reusados, alinhados e combinados na criação de um novo recurso ontológico, sendo, portanto, similar ao Cenário 5. Entretanto, quando a combinação efetuada de tais recursos não se mostra apropriada frente ao propósito intencionado para o novo recurso ontológico, um processo de reengenharia nos recursos selecionados torna-se necessário como forma de adequação ao propósito de construção.

O Cenário 7 – *reúso de padrões de projetos de ontologias* – compreende o uso de melhores práticas baseadas em experiências e soluções consolidadas em projetos de construção de ontologias no âmbito da Web Semântica. Nesse sentido, desenvolvedores de ontologias devem conduzir o processo de reúso de padrões de projetos de ontologias a fim de selecionar os mais úteis para a proposta de implementação da rede de ontologias.

Cenário 8 – *reestruturação de recursos ontológicos* – compreende os casos em que o conhecimento embutido no modelo conceitual da rede de ontologias precisa ser corrigido e reorganizado de modo a se obter uma conceituação que atenda aos requisitos propostos. A atividade de reestruturação pode incluir, por exemplo, modularização, limpeza da taxonomia, inclusão de novos conceitos e relacionamentos na estrutura e especializações adequadas envolvendo tais elementos.

Finalmente, o Cenário 9 – *localização de recursos ontológicos* – compreende os casos em que a rede de ontologias precisa ser desenvolvida em diferentes linguagens naturais a fim de ser endereçada a aplicações multilíngues. Desse modo, o cenário contempla atividades voltadas à tradução de todos os termos da ontologia em outros idiomas diferentes da linguagem usada na conceituação, usando, para tal, dicionários eletrônicos e tesouros multilíngues.

3.3 ANOTAÇÃO (SEMÂNTICA) DE DOCUMENTOS MULTIMÍDIA

O interesse desta pesquisa volta-se à representação de documentos multimídia, tornando-se, portanto, essencial elucidar aspectos teóricos que permeiam a natureza da informação multimídia e as formas de representação. Os conceitos exibidos nesta seção são fundamentais ao delineamento de um arcabouço teórico sobre informação multimídia a fim de apoiar o objetivo geral da tese endereçado à representação descritiva de documentos multimídia com (re) uso de padrões de metadados e ontologias pertencentes a este domínio.

O estado da arte delineado no capítulo 2 mostrou que os padrões de expressividade das anotações de tipo multimídia vêm como um resultado de um trabalho intensivo e de colaboração de comunidades, tais como biblioteca digital, representação do conhecimento e multimídia. As pesquisas ora evidenciadas necessitam de normas, padrões e modelos comuns para fundamentar representações abrangentes endereçadas a aplicações multimídia diversas. Nesse sentido, a presente seção organiza-se da seguinte forma: o tópico 3.3.1 abrange aspectos da natureza da informação multimídia com o propósito de estabelecer um entendimento acerca dos principais conceitos que tangem “documento multimídia”, tais como multimídia, categorias de mídia, composição, características dos dados e formas de representação; em 3.3.2 conceituam-se modelos de anotação e seus principais tipos usados na representação de documentos; em 3.3.3 a Web Semântica e suas propostas tecnológicas são elucidadas enfocando padrões e propostas emergentes de organização semântica e publicização de recursos na Web; e em 3.3.4 o assunto padrões de metadados multimídia é referenciado juntamente com os dois padrões de descrição de conteúdo multimídia determinados como referência na pesquisa: o padrão ISO MPEG-7 e o padrão *Dublin Core Metadata Initiative*.

3.3.1 A natureza da informação multimídia

Multimídia no contexto desta pesquisa 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 e 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 (ADJEROH e NWOSU, 1997; SCHANDL et al., 2011; DOMINGUE, FENSEL e 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.

De acordo com Andrade e Araújo (2000), a área de pesquisa em multimídia na ciência da computação surgiu no final da década de 1980 despontando tecnologicamente na indústria a partir de 1993. Considera-se, portanto, uma área emergente que ainda se encontra em amadurecimento no que tange a métodos e ferramentas para propósitos de aplicações diversos. Como área de abrangência tecnológica, o conceito de multimídia pode ser direcionado a sistemas computacionais que processam vários formatos de mídia eletrônica, cada qual com suas propriedades específicas. Steinmetz e Lindsay (1995) classificam o termo mídia em diferentes categorias, a saber:

- Mídia de percepção: caracteriza-se pela maneira como usuários interpretam e tomam conhecimento do conteúdo informativo em mídias visuais (desenho animado, por exemplo) e auditivas (um discurso, por exemplo).
- Mídia de representação: caracteriza-se pelo formato das mídias representadas no computador como, por exemplo, um texto em ASCII, EBCDIC, entre outros.
- Mídia de apresentação: caracteriza-se pelos instrumentos utilizados na entrada e saída de dados. Na entrada de dados, por exemplo, utilizam-se teclado, mouse, câmera de vídeo e microfones para coleta de informações pelo usuário; já monitores de vídeo e caixas de som são meios de saída de informação para o usuário.
- Mídia de armazenamento: caracteriza-se pelo meio de armazenamento da informação multimídia como em disco rígido, CD-ROM, microfilmagem, entre outros.
- Mídia de transmissão: caracteriza-se pelos meios físicos de transmissão de dados de um local para outro, tal qual uma rede de dados.
- Mídia de intercâmbio de informação: caracteriza-se pelos dispositivos usados na troca de informações entre diferentes locais como, por exemplo, um sistema de correio eletrônico.

A natureza da representação de documentos multimídia (SITARAM e DAN, 1999) pode ser estática, independente de tempo (uma fotografia, por exemplo), e dinâmica, dependente de tempo (uma sequência de vídeo, por exemplo). Um exemplo de documento multimídia pode ser uma apresentação turística da cidade do Rio de Janeiro, Brasil, constituído de textos, imagens, áudio e vídeos de cada ponto turístico, apresentado em uma ordem sequencial e com mecanismos de interação com o usuário.

Adjero 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. Chella (2004) complementa destacando que na representação de objetos multimídia devem-se levar em consideração: i) relações espaciais entre elementos de interesse dentro do conteúdo; e ii) relações temporais na ocorrência de eventos dentro de um período de tempo.

Os sistemas de informação tradicionais geralmente manipulam dados clássicos ou convencionais compostos de símbolos alfanuméricos representando nomes, códigos, medidas, quantidades e valores (SILBERSCHATZ, KORTH e SUDARSHAN, 2006; NAVATHE e ELMASRI, 2000). Geralmente, tais sistemas fazem uso de modelos de bancos de dados relacionais ou objetos-relacionais endereçados à representação de dados ou objetos por meio de palavras-chave (conteúdos textuais e numéricos), o que promove buscas e recuperação eficientes. Contudo, a representação de informações, tais como texto livre, imagem, áudio e vídeo, possui estrutura muito mais complexa que as cadeias de letras e números, o que no âmbito da ciência da computação têm-se denominado de “tipos de dados complexos”. Adjero e Nwosu (1997) reforçam afirmando que o método de indexação por palavras-chave cria problemas quando direcionado a dados multimídia, principalmente pelo fato de os índices gerados serem altamente subjetivos e limitados dependendo do vocabulário. Os autores destacam o forte interesse de pesquisas voltadas à indexação baseada em conteúdo usando-se características derivadas diretamente do dado. Para tal, torna-se necessário a análise automática do dado multimídia a fim de se obter as características de conteúdo almejadas.

Barreto (2007) pondera que 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 baixo nível, ou de nível

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.

Os principais métodos usados para descrição e indexação de imagens e vídeos (ADJEROH e NWOSU, 1997; BARRETO, 2007) são: i) processamento e entendimento da imagem; e ii) análise da sequência do vídeo. No primeiro caso, os elementos básicos que compõem a imagem (características visuais) podem ser reconhecidos e extraídos automaticamente pelo computador por meio de reconhecimento de padrões e visão computacional. Tais conteúdos primitivos são geralmente de natureza quantitativa. Por outro lado, uma imagem possui conteúdos dificilmente identificados por máquinas; ou seja, de natureza qualitativa, em que a percepção é direcionada a seres humanos, sendo, portanto, um processo custoso, uma vez que há intervenção manual. No segundo caso, processo também conhecido como segmentação de vídeo, a operação contínua da câmera captura o que se denomina de “plano”, isto é, uma sequência sem interrupção de “quadros”. Estes, por sua vez, podem ser estáticos no tempo (imagens, por exemplo) ou movimentados por uma operação de câmera conhecida como *zoom* ou *panorâmica*. Tanto o plano quanto os quadros formam uma cena, que representa uma unidade semântica do vídeo. Para facilitar a representação de cenas (que às vezes pode conter uma quantidade considerável de quadros), os planos podem ser resumidos por meio de quadros selecionados, os quais são denominados de “quadros-chave”. Após a segmentação em cenas e planos, as etapas que geralmente se sucedem são: i) descrição de planos para identificação de elementos de conteúdo; ii) descrição de cenas para localização temporal e sumário textual; iii) transcrição de voz e classificação de áudio; e iv) descrição de metadados independentes de conteúdo. A oferta de vídeo sob demanda num sistema de televisão interativa é um exemplo de aplicação que faz uso desse tipo de tratamento midiático em que um determinado segmento do programa é exibido como resposta a uma busca.

Na representação de conteúdo sonoro, ou áudio, a indexação baseada em conteúdo pode envolver análise de sinal do áudio ou reconhecimento automático de discurso, seguido por indexação por palavras-chave. Para alguns tipos especiais de áudio, como dado sobre música, a indexação de conteúdo ocorre a partir de marcação de ritmo, acorde e melodia, por exemplo. Além disso, características concernentes à percepção e à acústica também são exploradas na indexação de conteúdo para fins de busca e recuperação de áudio.

Questões importantes devem ser levadas em consideração na atividade de indexação de conteúdo multimídia, a saber: i) o mesmo dado multimídia pode ser interpretado de variadas formas por pessoas diferentes; ii) pela diversidade de necessidades informacionais dos usuários, torna-se difícil identificar todas as características multimídia apropriadas a um dado contexto; e iii) pela diversidade de conteúdo inerente a dado multimídia, torna-se viável para fins de agilidade na

indexação e de armazenamento eficiente de índices, o processamento automático de conteúdo. Para esta última, cria-se um desafio aos especialistas em modelagem e aos que desenvolvem sistemas aplicativos multimídia no que tange à harmonização semântica entre a percepção do conteúdo da mídia pelo usuário e a representação computacional desse mesmo conteúdo.

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 a cultura, a produção industrial, a educação, a segurança, a medicina, dentre outras atividades humanas. Entretanto, soluções mais efetivas só serão possíveis a partir de um consenso na definição de padrões unificados de metadados para representação e recuperação semântica de recursos multimídia, principalmente no contexto da Web Semântica. Alguns padrões para tal propósito e ambiente já se encontram disponíveis e em plena evolução, conforme foi visto no estudo do estado da arte, capítulo 2. São eles: Dublin Core, RDF e MPEG-7, os quais serão elucidados nas seções que se seguem.

3.3.2 Modelos de anotação

O significado tradicional para o termo “anotação” está relacionado a “notas explicativas adicionadas a um livro ou documento”⁸⁸ (THE OXFORD ENGLISH DICTIONARY, 1989, p.54). Contudo, com a evolução das tecnologias da informação e comunicação, principalmente com o paradigma da Web Semântica, o conceito “anotação” perpassa o universo bibliográfico, conforme pôde ser visto no capítulo sobre o estado da arte envolvendo documentos multimídia. Bürger et al. (2009) assinalam que o primeiro uso de anotação aparece muito antes da representação da informação digital como, por exemplo, em notas manuais adicionadas sobre um texto impresso, notas de rodapé ou um círculo adicionado sobre uma imagem. Hunter (2009) insere o projeto *Memex* idealizado por Vannevar Bush (BUSH, 1945) como uma visão bem próxima do que se tem denominado atualmente de “anotação”. A ideia de Bush era possibilitar que usuários associassem caminhos de interesse a recursos de microfilmes e inserissem comentários pessoais nessas associações.

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. De acordo com Chebotko et al (2007), anotação de dados multimídia é uma oportunidade em tornar a semântica explícita e facilitar a busca de documentos multimídia. Entretanto, a utilização de variados tipos de vocabulários (geralmente sem padronização) endereçados à anotação multimídia pode acarretar

⁸⁸ “add explanatory notes to a book or documents”.

baixa precisão e revocação na busca e recuperação. Tal fato ficou evidenciado no capítulo 2 no qual apresentou um número significativo de propostas incluindo vocabulários, esquemas de metadados e ontologias na busca de promover anotação para conteúdos multimídia.

Bürger et al. (2009) acrescentam 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 baixo nível, 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 (VEMBU et al, 2006; HARE et al, 2006; HUNTER, 2009; SUÁREZ-FIGUEROA, ATEMEZING e 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. Para este último, alguns fatores de caráter pragmático, social e cognitivo precisam ser levados em consideração nas tarefas de representação dos recursos digitais, tais como conhecimento e experiência pessoais, condicionamento cultural e social e memória coletiva (BÜRGER et al., 2009).

A Figura 10 ilustra um contexto de anotação em nível de conteúdo em que um usuário marca e comenta uma região específica (denominada *fragmento*) de uma imagem que retrata o ator *Jack Nicholson*. Neste caso, o usuário pode adicionar uma anotação na imagem como um todo ou selecionar uma área da imagem para fazer a anotação.

Figura 10 - Exemplo de anotação em uma região específica da imagem



Fonte: Schandl et al. (2011, p.543).

Um modelo de anotação define a forma real em que a anotação é expressa 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).

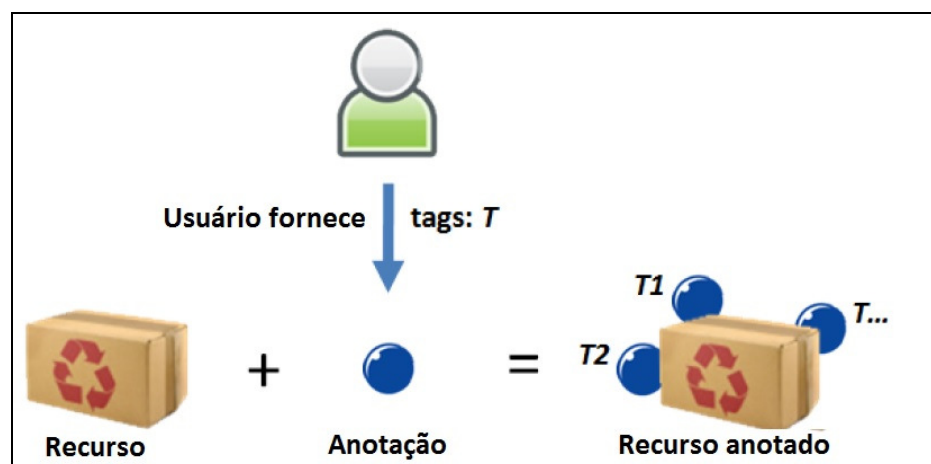
Bürger et al. (2009) ressaltam que os modelos de anotações são dependentes da mídia e podem ser também influenciados pelo propósito do processo de anotação; e acrescenta que um modelo de anotação genérico constitui de um determinado recurso que é descrito por uma anotação fornecida por um usuário (humano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

As subseções a seguir descrevem modelos de anotação 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 desta pesquisa de tese na qual se pretende conceber um modelo ontológico para representação de documentos multimídia.

A elucidação de cada modelo foi orientada por Bürger et al. (2009), que organizaram as características em quatro categorias: i) descrição do modelo; ii) vantagens; iii) desvantagens; e iv) exemplos de algumas aplicações que fazem uso.

3.3.2.1 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. A Figura 11 ilustra o modelo *tag* exibindo um recurso sendo anotado por um usuário por meio várias *tags* (T1, T2, T3, etc).

Figura 11 - Modelo de anotação por meio de *tags*

Fonte: adaptado de Bürger et al. (2009, p.13).

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 Delicious⁸⁹ (serviço social de compartilhamento de blogs, artigos, músicas, vídeos, etc); o Flickr⁹⁰ (serviço de hospedagem de imagens); e o CiteUlike⁹¹ (serviço social para compartilhar referências científicas).

3.3.2.2 Modelo de anotação por meio de atributos

Considera-se um elemento de anotação baseado em “atributo” como um par $\langle AN, AV \rangle$, em que AN é o nome do atributo e AV é o seu valor, conforme ilustra a Figura 12. 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.

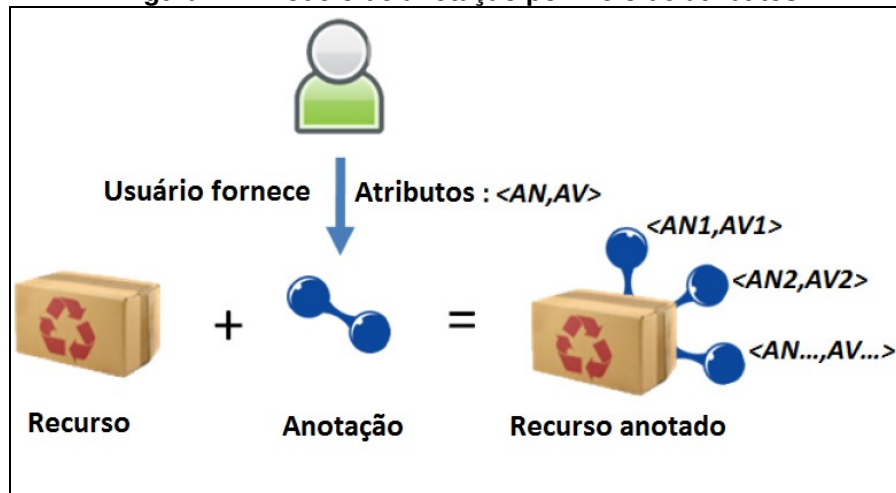
⁸⁹ <https://delicious.com/>

⁹⁰ <http://www.flickr.com/>

⁹¹ <http://www.citeulike.org/>

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*.

Figura 12 - Modelo de anotação por meio de atributos



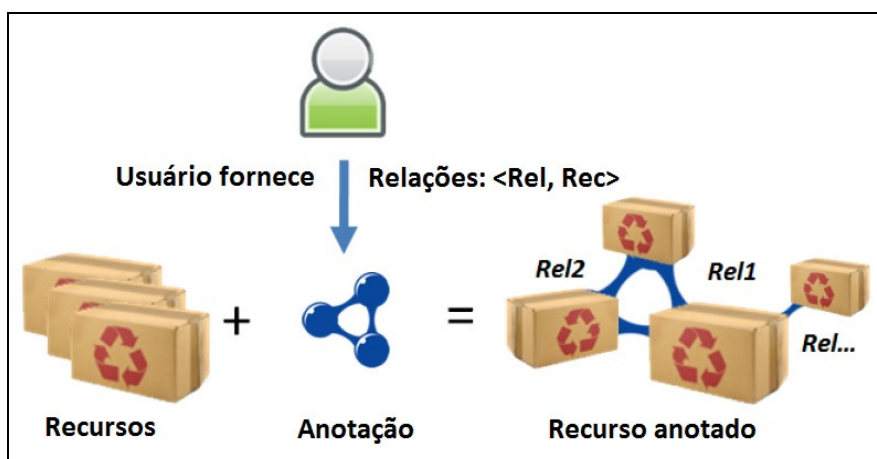
Fonte: adaptado de Bürger et al. (2009, p.15).

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.

3.3.2.3 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*, conforme é exibido na Figura 13. 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 científico, definindo uma relação entre documentos citantes e documentos citados.

Figura 13 - Modelo de anotação por meio de relações



Fonte: adaptado de Bürger et al. (2009, p.17).

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 (BAIRON, 2002) utilizam o modelo de relações para navegação entre textos e mídias; a teoria dos mapas conceituais (NOVAK e CAÑAS, 2008) 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 RDF (BREITMAN, 2005) 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 Freebase⁹² 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. A base permite que seus usuários anotem recursos (imagens, texto, páginas Web) usando o esquema de anotação Freebase. O esquema define uma anotação de recurso como uma coleção de atributos, seus tipos (pessoa, evento, localização) e relações com outros recursos. O esquema fornece um modo conveniente de executar busca e navegação no espaço de recursos permitindo que o usuário encontre tais recursos usando atributos, relações e tipos de esquemas.

⁹² <http://www.freebase.com/>

3.3.2.4 Modelo de anotação por meio de ontologias

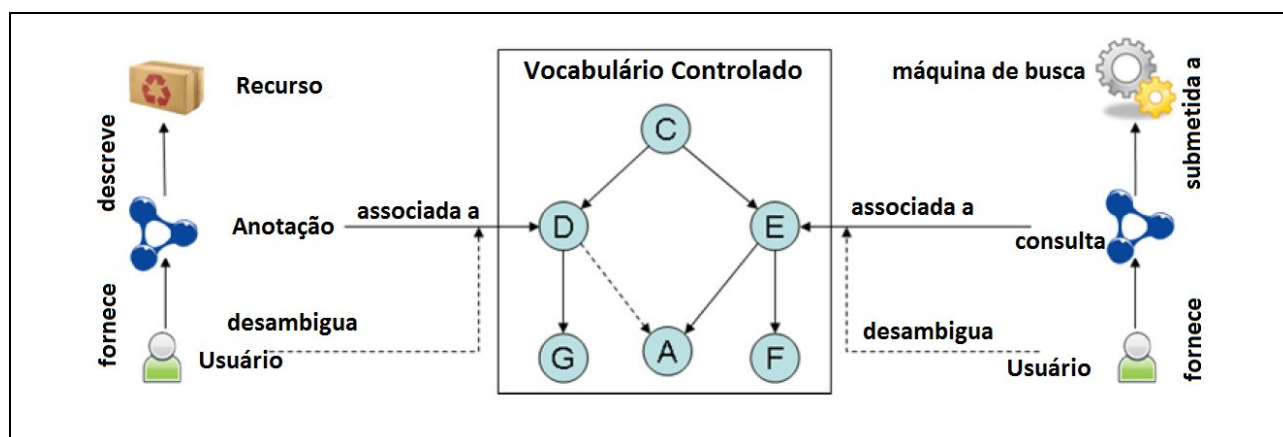
Pode-se perceber nos modelos descritos anteriormente que os elementos de anotação são fornecidos por usuários em um formato livre, isto é, usando-se de linguagem natural, sem um controle de vocabulário. Neste caso, as anotações ficam sujeitas a problemas de heterogeneidade semântica devido à natureza ambígua da linguagem natural. Bürger et al. (2009) insere três principais questões relacionadas ao processo de anotação:

- **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 SRI.
- **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.
- **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 (LANCASTER, 1993, ANSI, 2005) para identificar de forma unívoca e não ambíguos recursos ou documentos envolvidos em sistemas de recuperação de informação, conforme foi explanado na seção 3.1.2 sobre representação temática de documentos.

A Figura 14 mostra como os vocabulários controlados podem ser usados em um processo de anotação e de busca de recursos. 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.

Figura 14 - Vocabulário controlado como suporte a anotação e busca



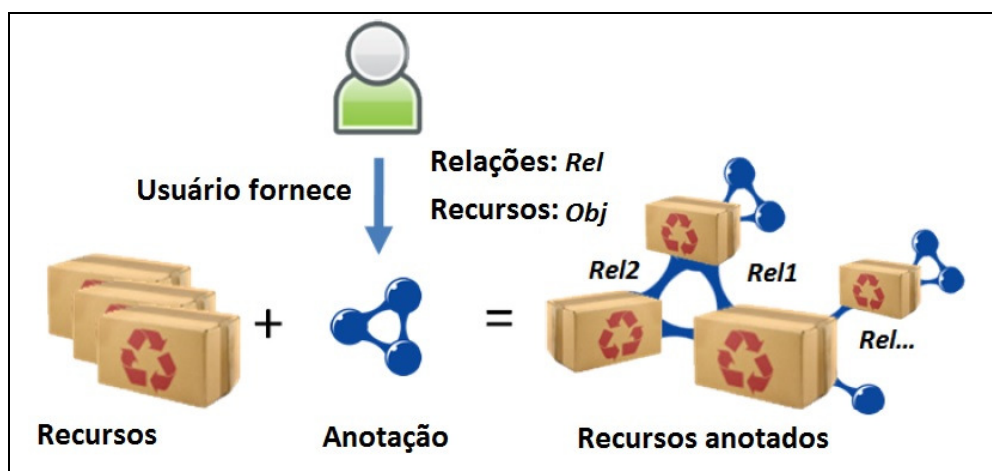
Fonte: adaptado de Bürger et al. (2009, p.21).

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 (conforme foi visto na seção 3.1.1 sobre representação descritiva de documentos), entretanto a Web Semântica propõe anotar conteúdo de documentos usando ontologias de domínio (BERNERS-LEE, HENDLER e 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 W3C para desenvolvimento de ontologias como 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. A seção 3.3.3 contribui na elucidação de conceitos envolvendo a organização da Web Semântica.

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. Ding, Embley e Liddle (2006) complementam afirmando que anotação semântica deve ser explícita, formal e livre de ambiguidade sendo, respectivamente, acessível, entendida e identificável publicamente. A Figura 15 exhibe recursos (ou objetos digitais) sendo anotados por elementos de ontologias, promovendo, desse modo, interligações semânticas (Rel 1, Rel 2...) entre os recursos.

Figura 15 - Modelo de anotação por meio de ontologias



Fonte: adaptado de Bürger et al. (2009, p.19).

As ontologias podem ser usadas tanto para anotar recursos, como ilustrado na Figura 15, 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* (assunto tratado na seção 3.3.3.5), 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. O propósito da tese é propor um modelo conceitual baseado em ontologias para descrição de documentos multimídia. Desse modo, o primeiro cenário vai ao encontro da proposta em conceber um modelo com estrutura ontológica precisa do domínio multimídia para fins de anotações semânticas em ambientes digitais.

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. Uma das razões é a riqueza inerente e dinâmica das ontologias (em oposição a um esquema pré-definido e fixo) com suas estruturas múltiplas de taxonomias e subsunção sobre o modelo. 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. Além disso, aplicações do mundo real envolvem múltiplas instâncias e bases de fato, e suas ontologias correspondentes, alinhadas entre si, resultam em milhões ou mesmo bilhões de descrições de entidades individuais, expondo um desafio em termos de escalabilidade, busca intuitiva e métodos completos auto sugestivos. 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 reúso).

Como exemplo de aplicações citam-se a OntoWiki⁹³, 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*⁹⁴ 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, “ontologias como suporte a anotações semânticas” (espaço de interesse desta pesquisa-tese) tornou-se tema de pesquisa em duas áreas em especial: engenharia de ontologias e ciência da Web. Pesquisas na área de engenharia de ontologias buscam endereçar problemas relacionados ao estabelecimento de padrões sobre modelos, taxonomias, vocabulários e terminologias de forma a se conseguir clareza, coerência e compromisso ontológico sobre um domínio de conhecimento (GRUBER, 1993a; GUARINO, 1998). No que diz respeito à clareza, uma ontologia deve ser capaz de expressar claramente o significado de cada termo; ser coerente

⁹³ <http://aksw.org/Projects/OntoWiki.html>

⁹⁴ <http://www.wikipedia.org>

com as demais definições, isto é, uma sentença inferida não poderia contradizer outra definição; e exigir compromisso ontológico a fim de estabelecer um acordo semântico entre uma comunidade e o que é expresso em uma ontologia. Por outro lado, a ciência da Web intensifica pesquisas na evolução da Web atual, estendendo-a numa perspectiva de agregação de significado à informação para viabilizar leitura e interpretação tanto por computadores quanto por pessoas (SHADBOLT, HALL e BERNERS-LEE, 2006). Tal extensão redundou na denominada Web Semântica, que faz uso de ontologias e é responsável pela compatibilização de conceitos encontrados em bancos de dados dos mais diversos tipos.

A Web Semântica é apresentada na próxima seção juntamente com suas propostas emergentes de *Linked Data* e *Linked Open Data* no sentido de fundamentar princípios que regem os objetos de investigação e análise nesta pesquisa: padrões de metadados, vocabulários controlados e ontologias, concebidos para fins de anotação semântica de recursos multimídia. De modo a facilitar o entendimento do conteúdo informacional inerente a esses objetos, algumas linguagens comumente empregadas na Web para suas representações são descritas buscando-se visualizar evolução e níveis de expressividade em seus construtos. Allemang e Hendler (2008) definem “expressividade” como uma habilidade da linguagem em descrever certos aspectos do mundo, e que quanto mais expressiva for a mesma, mais conseguirá expressar declarações sobre um modelo.

3.3.3 Web Semântica e tecnologias subjacentes

O W3C vem promovendo avanços nas pesquisas relacionadas a padrões de metadados, ontologias e tecnologias afins que permitam acrescentar semântica a informações de forma que um sistema informatizado seja capaz de entender o que a informação significa (BERNERS-LEE, HENDLER e LASSILA, 2001). A agregação semântica amplia a possibilidade de associar documentos a seus significados por meio de metadados descritivos (SOUZA e ALVARENGA, 2004). Isto pode vir a ser útil nos mecanismos de busca baseados em algoritmos com orientação à sintaxe (ALLEMANG e HENDLER, 2008; ALMEIDA e SOUZA, 2011) envolvidos nas páginas Web, o que possibilita recuperação de itens relevantes com boa relação entre precisão e revocação.

Segundo Nixon et al (2011), apesar do conteúdo da Web Semântica ser representado por meio de ontologias e esquemas de metadados, a questão inerente a interoperabilidade semântica traz duas importantes abordagens: i) interoperabilidade em relação a esquema; e ii) interoperabilidade em relação a vocabulário.

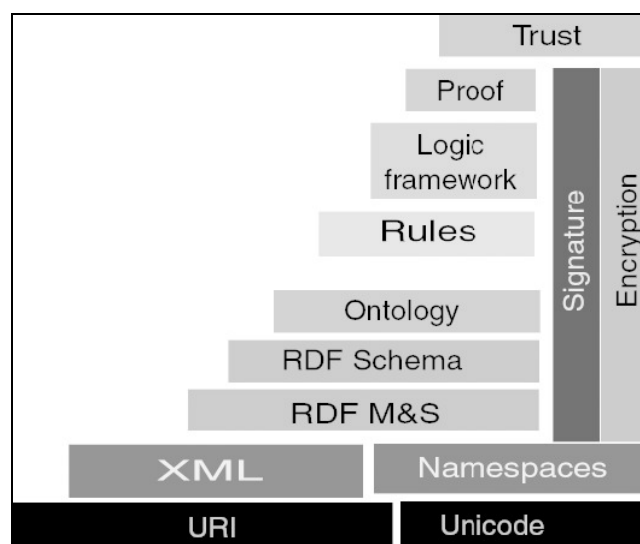
Na primeira abordagem, o problema volta-se à maneira como dois esquemas de metadados com tipos de conteúdo diferentes ou similares podem ser interoperáveis. Por exemplo, um “pintor” de uma pintura e um “autor” de uma novela são criadores (*creators*, no esquema *dublin core*) de uma peça artística; desse modo, deveriam ser declarados semanticamente como *creators*;

caso contrário não seria possível encontrar e relacionar todos os criadores artísticos em uma dada aplicação. E ainda é possível que sintaticamente nomes de propriedades similares em dois esquemas tenham diferentes significados, o que permite confusão semântica ou ambiguidade. Na segunda abordagem, problemas de interoperabilidade ocorrem quando valores de campos de esquemas de metadados de diferentes organizações podem ter sido extraídos de diferentes vocabulários relacionados, entretanto tais relações não foram explicadas. Por exemplo, um vocabulário pode ter o conceito de “cadeira” enquanto “sofá” é usado em outro. Ainda é possível que o mesmo termo tenha diferentes interpretações em vocabulários diferentes, como, por exemplo, “banco” como uma mobília ou como uma instituição financeira.

De modo a endereçar problemas relacionados à interoperabilidade entre esquemas de metadados na Web, várias alternativas foram e ainda estão sendo propostas para possibilitar a anotação (ou marcação) semântica de dados para a evolução das técnicas tradicionais de representação e recuperação de informação. Podem-se citar algumas: i) adicionar metadados sobre os metadados (meta-metadado ou informação sobre as marcações utilizadas); ii) padronizar os nomes de marcações; iii) especificar a maneira como a informação deveria ser representada (eliminado possíveis inconsistências); iv) determinar um identificador único para cada marcação de forma a evitar marcações homônimas; e v) descrever metadados mais complexos, por exemplo, como representar que um determinado conceito é subclasse de outro conceito, ou que uma determinada propriedade é transitiva, ou qual a cardinalidade máxima e mínima de uma propriedade.

Com o surgimento da Web Semântica, as propostas acima expostas progridem continuamente de acordo com um conjunto de especificações que é a base para construção de modelos de representação endereçados ao desenvolvimento de uma Web inteligente. A arquitetura da Web Semântica é apresentada na Figura 16.

Figura 16 - Conjunto de especificações para a Web Semântica



Fonte: adaptado de Breitman (2005, p. 49).

Os níveis mais altos como regras (*Rules*), lógica (*Logic Framework*) e prova (*Proof*) estão ainda em definição, contudo a intenção do W3C é permitir a confiabilidade (*Trust*) no conhecimento obtido na representação, o que depende da criação de metadados precisos e bem definidos (BREITMAN, 2005). Na camada *Ontology* são definidos padrões para descrever ontologias, incluindo construtores para especificar, por exemplo, se uma propriedade é transitiva ou não, qual a cardinalidade da mesma e quais as restrições existentes sobre as classes. Atualmente, o padrão mais utilizado nesse nível é a OWL para representação de ontologias. Para entender a camada *Ontology* é necessário analisar a constituição da mesma e as camadas anteriores propostas pelo W3C (URI, Unicode, XML, *Namespaces*, RDF, RDFS e OWL), as quais são descritas nas subseções a seguir.

3.3.3.1 XML - padrão para descrição de dados semiestruturados

Historicamente a palavra “marcação” descreve anotações ou marcas que informavam a maneira como parte de um texto deveria ser representada. O paradigma das linguagens de marcação vislumbra que um documento é composto de conteúdo, estrutura e estilo (ALMEIDA e SOUZA, 2011). O conteúdo seria a informação em si; a estrutura seria como se dá a organização da informação; e o estilo, a maneira como a informação será apresentada para o usuário.

Algumas linguagens de marcação de padrão aberto (SGML, HTML, XML, etc) permitem a criação de documentos que podem ser manipulados independentemente de plataforma de *hardware* e *software*. As linguagens XML e HTML (*HyperText Markup Language*) são linguagens com tais objetivos, sendo originadas da SGML⁹⁵ (*Standard Generalized Markup Language*). O CERN – *European Organization for Nuclear Research* (Centro Europeu de Pesquisas Nucleares) utilizou no início da década de 80 a SGML em pesquisas de hipertextos. Dessa maneira, o pesquisador Tim Berners-Lee acabou criando no início da década de 90 o *World-Wide Web*, que empregava a ideia de ligações entre documentos (páginas) localizados em qualquer parte do mundo, através da rede mundial de computadores (a Internet) e do URL (Localizador de Recurso Universal)⁹⁶. Daí o surgimento da HTML⁹⁷, sendo formada por um conjunto de marcações (conhecidas por *tags*) predefinidas, com a função de apresentar a informação por meio de páginas Web. Tal linguagem é um padrão usado em diversas aplicações, incluindo navegadores, editores, servidores de base de dados e outros, entretanto apenas descreve como uma página Web deve ser exibida, não oferecendo descrição dos dados envolvidos (quando muito, apenas metadados

⁹⁵ Reconhecida como um padrão ISO (8879). É considerada uma linguagem para definir outras linguagens.

⁹⁶ *Universal Resource Locator*, em inglês.

⁹⁷ <http://www.w3.org/MarkUp/>

embutidos nos cabeçalhos dos documentos). Isso pode acarretar restrições nas buscas, no intercâmbio de dados entre plataformas diferentes, na personalização da informação, dentre outras.

A linguagem XML⁹⁸ surge então em 1997 com a proposta de ser um formato padrão para descrição de dados semiestruturados. Uma diferença em destaque entre HTML e XML é que esta última permite um número ilimitado de marcações, indicando o que cada elemento significa, e não o que será apresentado. Tal formato é especificado por definições de tipos de documentos (DTDs) ou por esquemas XML (XML *Schema*⁹⁹ ou XMLS). Um DTD define a estrutura e sintaxe de um documento, ajudando a validar se o mesmo está em conformidade com uma estrutura. Esquemas XML têm a mesma função, mas permitem um maior tratamento às informações. Pode-se definir tipo e formato exato dos atributos, número exato de instâncias de um aninhamento e há mecanismos de inclusão e derivação que proporcionam o seu reuso (TOLENTINO, 2004). Estas capacidades ajudam a reduzir a distância entre DTDs e ontologias, pois podem ser introduzidos meios para restringir estruturas de documentos e conteúdos, herança para elementos e atributos, tipos primitivos e outras características úteis (FENSEL et al., 2001).

A XML pode utilizar padrões de metadados como o Dublin Core na declaração de vocabulários, os quais podem ser criados pelos próprios autores do documento. Os vocabulários são declarados através da utilização da marcação *namespace*¹⁰⁰XML, o que garante uma definição única para cada termo utilizado na confecção do documento, evitando ambiguidade em sua referência. Desse modo, uma coleção de nomes é identificada a partir de uma referência a um Identificador Uniforme de Recurso (URI)¹⁰¹, uma forma de identificar unicamente recursos com manifestações digitais (por exemplo, páginas Web, coluna de uma tabela, imagem, vídeo) e não digitais (por exemplo, pessoas, livros, localizações). Uma URL, por exemplo, é um tipo de URI usado para identificar páginas Web. Finalmente, o padrão Unicode¹⁰² define um único número para cada caractere representado, não importando em que plataforma ou linguagem, sendo, portanto, fundamental para garantir interoperabilidade.

No exemplo da Figura 17, os elementos **xmlns:dc** e **xmlns:lib** indicam respectivamente o *namespace* do próprio Dublin Core e o relativo ao domínio de biblioteca (*library*). Cada elemento está localizado dentro de um único arquivo, que contém a especificação do vocabulário utilizado para descrever a entidade livro no domínio de biblioteca. Para evitar a repetição do endereço do vocabulário todas as vezes que se fizer menção a um de seus termos, cria-se um *namespace* (mapeado a um URI) para ele. No exemplo, as *tags* do tipo **<lib:>** e **<dc:>** substituem respectivamente a menção aos seus endereços completos (<http://library/vocabulary/book> e

⁹⁸ <http://www.w3.org/XML/>

⁹⁹ <http://www.w3.org/XML/Schema>

¹⁰⁰ <http://www.w3.org/TR/REC-xml-names/>

¹⁰¹ *Uniform Resource Identifier, em inglês*

¹⁰² <http://www.unicode.org>

<http://purl.org/dc/elements/1.1/>). Exemplos são *title*, *description*, *publisher* e *identifier* relacionados ao prefixo <dc:> e *price* e *institution* relacionados ao prefixo <lib:>.

Figura 17 - Exemplo de um documento em XML

```
<?xml version="1.0"?>
<xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/">
<xmlns:lib="http://library/vocabulary/book">
<lib:book>
  <dc:title> Web Semântica – a Internet do Futuro </dc:title>
  <dc:description> Este livro trata da Web Semântica. </dc:description>
  <dc:publisher> Livros Técnicos e Científicos </dc:publisher>
  <dc:identifier> http://www.inf.puc-rio.br/index.html </dc:identifier>
  <lib:price> R$ 33,71 </lib:price>
  <lib:institution> Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro </lib:institution>
</lib:book>
```

Fonte: elaborado pelo autor.

De modo a tratar a semântica envolvida nas estruturas de metadados existentes em diferentes comunidades, novas propostas de linguagens genéricas baseadas em XML surgiram com funções de publicar vocabulários legíveis para humanos e máquinas, buscando proporcionar reutilização e distribuição de metadados na Web. Tais linguagens são descritas a seguir.

3.3.3.2 RDF – *Resource Description Framework*

Segundo o W3C, RDF¹⁰³ é um padrão para representar metadados de recursos Web, tais como título, data de criação e direitos autorais a respeito de documentos. A linguagem adota a sintaxe XML (denominada XML/RDF) e a especificação de seu vocabulário possibilita troca de informações entre máquinas que utilizam aplicativos ou até mesmo sistemas operacionais diferentes (BREITMAN, 2005).

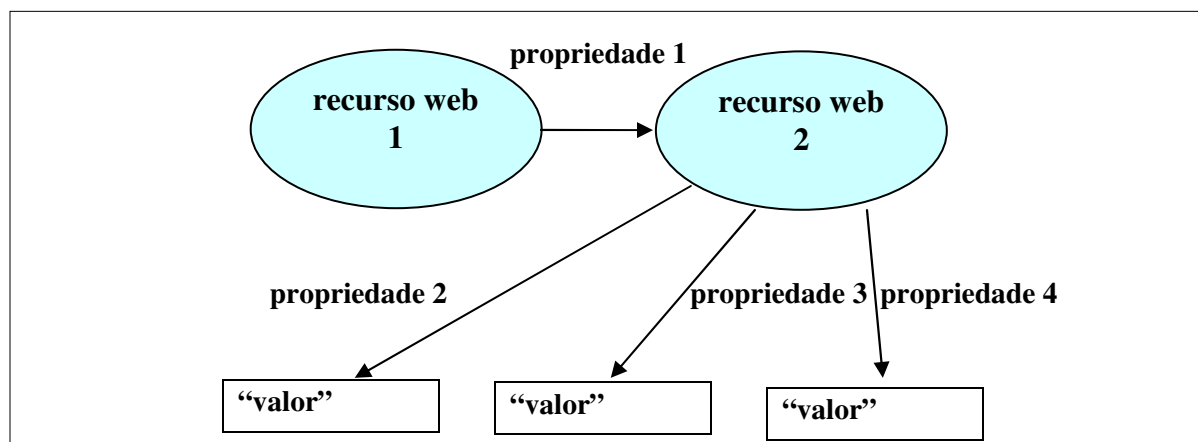
As unidades de informação em RDF são descritas em triplas, ou seja, no formato de **recurso**, **propriedade** e **valor**, similar a estrutura de uma rede semântica, conforme foi visto na seção 3.1.4.2.1. A linguagem utiliza um URI para identificar um recurso Web e uma propriedade para descrevê-lo. O URI possibilita fazer referência não ambígua aos termos envolvidos no vocabulário utilizado pelo documento através da marcação *namespace* provida pelo XML, conforme explanado na seção anterior.

As propriedades explicitadas denotam os relacionamentos dos valores associados aos recursos. Tais valores podem ser atômicos (*strings*, números, etc.) ou outros recursos, expressando relacionamentos entre os mesmos. A Figura 18 ilustra um exemplo de um modelo de dados

¹⁰³ <http://www.w3c.org/RDF>

representado em RDF, no qual os recursos são descritos através de seus valores. No exemplo, o *recurso web 1* possui um relacionamento com o *recurso web 2*, que por vez possui relacionamentos com valores do tipo *string*.

Figura 18 - Modelo de dados representado em RDF



Fonte: elaborado pelo autor.

Um exemplo de código RDF representando o modelo da Figura 19 é mostrado em seguida:

Figura 19 - Exemplo de código em RDF

```
<?xml version="1.0"?>
<rdf:RDF
xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
xmlns:cd="http://www.inf.puc-rio.br/~Karin/vocabulario/loja_de_disco/#">
<rdf:Description
rdf:about="http://www.submarino.com.br/cds_top10.asp">
  <cd:titulo> <rdf:Description
rdf:about="http://www.submarino.com.br/#Acustico MTV"></rdf:Description></cd:titulo>
</rdf:Description>
<rdf:Description
rdf:about="http://www.submarino.com.br/#Acustico MTV">
  <cd:artista>Marcelo D2 </cd:artista>
  <cd:gravadora>Sony </cd:gravadora>
  <cd:pais>Brasil </cd:pais>
</rdf:Description>
</rdf:RDF>
```

Fonte: adaptado de Breitman (2005).

O elemento **rdf:RDF** (que tem o **/rdf:RDF** como fechamento da marcação) indica que o conteúdo é RDF. Logo em seguida aparecem os *namespaces* indicando a especificação do vocabulário de RDF e o vocabulário relativo ao domínio da loja de disco. O elemento **rdf:Description** (e seu fechamento **/rdf:Description**) representa os recursos *recurso web 1* e *recurso web 2* através de seus URIs identificados pelo atributo **rdf:about**. A propriedade do

recurso web 1 é representada pelo elemento **cd:titulo**, que estabelece a relação com o *recurso web 2*, que por sua vez possui três propriedades representadas pelos elementos **cd:artista**, **cd:gravadora** e **cd:pais** com seus respectivos valores “Marcelo D2”, “Sony” e “Brasil”.

O RDF fornece uma semântica simplificada que pode ser representada através da sintaxe XML. Contudo, um esquema seria necessário para organizar e melhor especificar os recursos RDF. Surge assim a linguagem *RDF-Schema* descrita a seguir.

3.3.3.3 RDFS – *Resource Description Framework Schema*

A RDF se restringe a criar instâncias e associar propriedades descritivas a cada uma delas, sem uma estrutura de dados que possa ser estendida através do refinamento de subclasses (BRAGANHOLO e HEUSER, 2001). A *RDF-Schema*¹⁰⁴ foi concebida para impor uma estrutura ao RDF no sentido de possibilitar ao usuário definir os dados no formato de um esquema, isto é, em classes, subclasses, propriedades, domínios e restrições.

O W3C define a *RDF-Schema* como “[...] um padrão que descreve como usar RDF para descrever vocabulários RDF na Web”¹⁰⁵. A RDF permite asserção de simples sentenças consistindo um sujeito, um predicado e um objeto. A linguagem não descreve qual o significado do sujeito, do predicado e do objeto, além de não descrever o significado dos relacionamentos entre eles. Já a RDFS fornece primitivas básicas para a criação de ontologias simples, incluindo relacionamentos de generalização para classes e propriedades, além da definição de como recursos podem ser descritos como sendo membros de uma ou mais classes (MCBRIDE, 2004; BREITMAN, 2005; ALLEMANG e HENDLER, 2008).

Uma classe representa uma coleção de recursos e, geralmente, é identificada por um URI. Um recurso pode ser declarado para ser membro de uma classe, isto é, declarado como instância dessa classe. Para definição de uma classe e de um relacionamento de herança utiliza-se os elementos **rdfs:Class** e **rdfs:subClassOf**, conforme exemplificado no código da Figura 20.

Figura 20 - Um exemplo de herança entre duas classes em RDFS

```
<rdf:RDF xml:base="http://example.org/example">
  <rdfs:Class rdf:ID="Person"/>
  <rdfs:Class rdf:ID="Man">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Person"/>
  </rdfs:Class>
</rdf:RDF>
```

Fonte: McBride (2004).

¹⁰⁴ <http://www.w3c.org/TR/rdf-schema/>

¹⁰⁵ “[...] a standard which describes how to use RDF to describe RDF vocabularies on the Web”

O exemplo da Figura 20 representa que a classe *Man* (homem) é uma subclasse da classe *Person* (pessoa). Isso implica que os membros da classe *Man* herdam as propriedades da classe *Person*. As propriedades em RDF também formam uma classe. O RDFS define **rdf:Property** como sendo a classe de todas as propriedades RDF. Formalmente, uma propriedade é um recurso que tem uma extensão de propriedade que é um conjunto de pares de objetos relacionados através de uma propriedade. Uma propriedade pode ser uma *subpropriedade* da outra, que significa que qualquer um dos objetos relacionados através da *subpropriedade* são também relações da *superpropriedade*. O exemplo da Figura 21 mostra a propriedade *husbandOf* (marido de) sendo definida como *subpropriedade* da propriedade *partnerOf* (cônjuge de).

Figura 21 - Um exemplo de herança entre propriedades em RDFS

```
<rdf:RDF xml:base="http://example.org/example">
  <rdf:Property rdf:ID="partnerOf">
    <rdf:Property rdf:ID="husbandOf">
      <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="#partnerOf"/>
    </rdf:Property>
  </rdf:Property>
</rdf:RDF>
```

Fonte: McBride (2004).

Algumas restrições podem ser impostas aos vocabulários modelados em RDFS por meio das primitivas **rdfs:domain** e **rdfs:range**. A primeira especifica o domínio de uma propriedade, ou seja, a classe de recursos que pode aparecer como sujeito da sentença RDF. A segunda especifica o escopo da propriedade, ou seja, a classe de recursos que pode aparecer como objeto da sentença RDF. Em suma, *domain* e *range* restringem como uma propriedade pode ser usada.

O RDFS pode ser considerado um tipo de dicionário que pode ser lido por máquinas (BREITMAN, 2005). Conforme foi visto, a linguagem fornece um conjunto de primitivas que permitem a modelagem de ontologias simples, por exemplo, através do uso de *subClassOf* e *subPropertyOf* na definição de uma taxonomia, além de possibilitar restrições no vocabulário através da definição de domínio e de escopo (*domain* e *range*) nas propriedades dos recursos RDF. No entanto, RDFS tem sido criticada como linguagem para ontologias pela falta de expressividade de seus construtos, principalmente pela inexistência de relação de equivalência, relação inversa e restrições de cardinalidade encontradas em outras linguagens para desenvolvimento de ontologias (MCBRIDE, 2004). Tal deficiência pode ser suprida através de sua extensão encontrada na linguagem OWL apresentada a seguir.

3.3.3.4 OWL – *Web Ontology Language*

A OWL é uma linguagem criada pelo *Web Ontology Working Group* pertencente ao W3C para representar ontologias. Deriva de um consenso entre a proposta européia OIL¹⁰⁶ (*Ontology Inference Layer*, camada de inferência para ontologias, ou ainda, *Ontology Interchange Language*, linguagem de intercâmbio em ontologias) e a DAML (*DARPA Agent Markup Language*, linguagem de anotação para agentes do Departamento de Defesa dos Estados Unidos). Similar à DAML+OIL¹⁰⁷, a intenção da OWL é representar conceitos e seus relacionamentos na forma de uma ontologia.

De acordo com o W3C, “a linguagem OWL é projetada para ser usada por aplicações que necessitam de processar o conteúdo das informações, ao invés de apenas apresentar informações aos seres humanos. Além de facilitar a interpretação por máquinas de conteúdos na Web em XML, RDF e RDFS através de um vocabulário e uma semântica formal”¹⁰⁸. Antoniou (2004, p.110) acrescenta que os requisitos de uma boa linguagem para a criação e representação de uma ontologia são: i) ter uma sintaxe bem definida; e ii) ter uma semântica formal para que máquinas possam realizar inferências. Uma sintaxe bem definida é condição necessária para o processamento de informação por máquinas. As linguagens DAML + OIL e OWL foram construídas em cima de padrões bem aceitos na Web como RDF e RDFS. O conceito de semântica formal é pré-requisito para suportar inferências (*reasoning*) e checar a consistência da ontologia. A semântica “escreve” o significado do conhecimento “precisamente” (não o conhecimento subjetivo), consagrado na lógica matemática, conforme foi visto na seção 3.1.4.2.1. Pode-se, por exemplo, realizar inferências sobre:

- Elemento de uma classe: Se x é instância da Classe C , e C é uma subclasse de D , então se pode inferir que x é instância de D .
- Equivalência de classes: Se a classe A é equivalente a Classe B , e B é equivalente à classe C , então A é equivalente a C .
- Consistência: Se x é instância da classe A e A é subclasse de $B \cap C$, A é subclasse de D , e B e D são “disjuntas” conclui-se que há uma inconsistência, tendo em vista que A deveria estar vazia, entretanto tem uma instância x . É uma indicação de erro na ontologia.
- Classificação: a partir da declaração de uma condição suficiente verifica-se a instanciação de objetos nas classes.

¹⁰⁶ <http://www.ontoknowledge.org/oil>

¹⁰⁷ <http://www.daml.org/2001/03/daml+oil-index.html>

¹⁰⁸ “[...] is designed for use by applications that need to process the content of information instead of just presenting information to humans. OWL facilitates greater machine interpretability of Web content than that supported by XML, RDF, and RDF Schema (RDF-S) by providing additional vocabulary along with a formal semantics”

A linguagem OWL está mapeada (parcialmente) em lógica descritiva e faz uso de inferências existentes como FaCT (*Fast Classification of Terminologies*). Conforme já explanado, a OWL baseia-se na linguagem RDF e RDFS, porém define classes e relacionamentos de forma mais detalhada. Uma crítica ao RDFS é a falta de semântica formal, ou seja, não há mapeamento dessa linguagem para nenhum tipo de lógica formal, o que elimina qualquer possibilidade de suporte a deduções e inferências (que são fatores cruciais para processamento automatizado). Diante a tais limitações e com a intenção de obter esforços para o desenvolvimento de uma linguagem de representação de conhecimento capaz de criar e compartilhar ontologias na web, o *Web Ontology Working Group* especificou a OWL em três diferentes *sublinguagens*, de acordo com uma ordem decrescente de expressividade, a saber: i) *OWL Full*; ii) *OWL DL* e ii) *OWL Lite*.

A *OWL Full* é considerada uma linguagem completa, ou seja, usa todas as primitivas da linguagem OWL e permite a combinação arbitrária de tais primitivas com RDF e RDFS. A vantagem é a compatibilidade completa com RDF sintática e semanticamente, em que qualquer documento válido RDF é também um documento válido *OWL Full*, e qualquer conclusão válida num esquema RDF é também uma conclusão válida em *OWL Full*. No entanto, fazendo este uso mais complexo, não há garantia de suporte por máquinas (computacionalmente intratável). A *OWL DL* (*Description Logic*) utiliza a lógica descritiva como base em seus construtos. A vantagem é que permite suporte a inferências e a desvantagem é a perda de compatibilidade com o RDF. E a *OWL Lite*, que abrange a expressividade dos *frames* e da lógica descritiva, porém com algumas restrições. Por exemplo, a cardinalidade máxima ou mínima assume apenas os valores 0 ou 1. A vantagem é o fácil entendimento da linguagem pelos usuários e a facilidade de implementação por parte de ferramentas como o *Protégé-owl*¹⁰⁹. A desvantagem é a expressividade limitada.

As linguagens menos expressivas estão contidas dentro das mais expressivas, de maneira que uma ontologia definida numa linguagem menos expressiva é aceita por uma linguagem mais expressiva. Desta forma, o que norteia a escolha da linguagem OWL a utilizar é a expressividade pretendida, ou seja, vai depender do grau de formalismo requerido na representação do domínio, conforme é colocado por Uschold e Gruninger (1996, p.6): o vocabulário pode ser representado com distintos graus de formalismo, ou seja, desde o altamente informal (*highly informal*), utilizando-se linguagem natural, até o rigorosamente formal (*rigorously formal*), utilizando-se declarações lógicas.

No que tange à sintaxe OWL, os elementos básicos da linguagem são: i) *header*; ii) classe; iii) propriedade e iv) restrições de propriedades. Para a construção de tais elementos, a OWL utiliza o formalismo da lógica descritiva, conforme descrito na seção 3.1.3.1. Os exemplos a seguir

¹⁰⁹ <http://protege.stanford.edu/overview/protege-owl.html>.

foram extraídos de códigos owl de duas das ontologias multimídia analisadas na tese, a Media Ontology e a MDO Boemie, de modo a contextualizar o domínio da pesquisa.

O elemento *header* (cabeçalho) é declarado para especificar os vocabulários utilizados na ontologia. Uma ontologia típica em OWL começa com um conjunto de declarações de *namespaces*. De acordo com a Figura 22, as classes a serem definidas estarão localizadas no *namespace* da primeira definição (<http://www.w3.org/ns/ma-ont>). As declarações seguintes localizam os elementos de XML Schema, Dublin Core, RDFS, RDF e OWL, respectivamente.

Figura 22 - Declarações de *namespaces* na especificação da ontologia OWL

```
<rdf:RDF xmlns="http://www.w3.org/ns/ma-ont#"
  xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
  xmlns:dc="http://purl.org/dc/elements/1.1/"
  xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
  xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
  xmlns:owl="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
```

Fonte: fragmento do código owl da Media Ontology.

Uma vez que os *namespaces* foram definidos, é comum incluir uma coleção de sentenças sobre a ontologia agrupadas sob a marcação **owl:Ontology**. Tal marcação é responsável por registrar datas, comentários, controle de versão e inclusão de conceitos e propriedades de outras ontologias (marcação *imports*). A Figura 23 mostra um exemplo da marcação **owl:Ontology**. É válido destacar aqui a marcação **owl:imports** cuja propriedade é transitiva, tendo consequências lógicas para a ontologia envolvida: se a ontologia *A* importar a ontologia *B*, e esta importar a ontologia *C*, então a ontologia *A* também importará a ontologia *C*.

Figura 23 - Exemplo de informações adicionais sobre uma ontologia OWL

```
<owl:Ontology rdf:about="">
  <dc:date rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#date">2013-03-
20</dc:date>
  <rdfs:comment rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
    Created by Tobias Buerger, Jean Pierre Evain and Pierre-Antoine Champin
with the RDFS Taskforce within the W3C Media Annotation Working Group.
  </rdfs:comment>
  <owl:versionInfo
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">R36</owl:versionInfo>
  <rdfs:comment>
    THE CONTENT OF THIS MA-ONT.RDF AND DERIVED MA-ONT.TTL FILES PREVAIL
OVER THE SPECIFICATION.
  </rdfs:comment>
  <owl:imports
rdf:resource="http://dublincore.org/2008/01/14/dcelements.rdf"/>
</owl:Ontology>
```

Fonte: fragmento do código owl da Media Ontology.

O elemento **classe** representa um conjunto ou coleção de indivíduos (objetos, pessoas, coisas) que compartilham de um grupo de características que os distinguem dos demais (BREITMAN, 2005). A declaração de uma classe em OWL se dá pelo elemento **<owl:Class rdf:ID="NOMEDACLASSE">**. As classes podem ser construídas de várias formas: por herança, união, interseção, complemento, pela enumeração de instâncias ou por restrições de propriedades.

O exemplo apresentado na Figura 24 mostra um cenário de especialização da classe *MediaFragment* para com a superclasse *MediaResource*. O código ainda inclui uma anotação em formato de comentário declarando em linguagem natural que o conceito “MediaFragment” integra um recurso de mídia em seus aspectos espaciais, temporais, etc.

Figura 24 - Definição de classe e especialização em OWL

```
<owl:Class rdf:about="#MediaFragment">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#MediaResource"/>
  <rdfs:comment
    rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
    A media fragment (spatial, temporal, track...) composing a
    media resource. In other ontologies fragment is sometimes
    referred to as a 'part' or 'segment'.
  </rdfs:comment>
</owl:Class>
```

Fonte: fragmento do código owl da Media Ontology.

No exemplo da Figura 25, a classe *Collection* é declarada como sendo disjunta das classes *Location*, *MediaResource*, *Rating* e *TargetAudience* utilizando-se dos elementos **owl:disjointWith**. A restrição é um exemplo de axiomatização simples na classe *Collection*.

Figura 25 - Exemplo de formalização de uma classe em OWL

```
<owl:Class rdf:about="#Collection">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Location"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#MediaResource"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Rating"/>
  <owl:disjointWith rdf:resource="#TargetAudience"/>
  <rdfs:comment
    rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">Any
    group of media resource e.g. a series.</rdfs:comment>
</owl:Class>
```

Fonte: fragmento do código owl da Media Ontology.

No que diz respeito ao elemento **propriedade**, existem dois tipos para descrever os predicados: *propriedades de objeto* e *propriedades de tipos de dado*. O primeiro tipo relaciona objetos com outros objetos e o segundo relaciona objetos com seus valores de tipos de dado. Este último utiliza o *datatypes* do XML Schema, no qual faz uso da arquitetura de camada da Web Semântica, conforme foi mostrado na seção 3.3.3. O exemplo da Figura 26 relaciona todos os recursos de mídia com uma descrição, cujo tipo de dado é um *string*.

Figura 26 - Exemplo de propriedade *datatype* em OWL

```
<owl:DatatypeProperty rdf:about="#description">
  <rdfs:comment
    rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">
    Corresponds to 'description' in the Ontology for Media
    Resources. This can be specialised by using sub-properties
    e.g. 'summary' or 'script'.
  </rdfs:comment>
  <rdfs:domain rdf:resource="#MediaResource"/>
</owl:DatatypeProperty>
```

Fonte: fragmento do código owl da Media Ontology.

A Figura 27 exemplifica o tipo de propriedade de objetos. O exemplo além de definir o domínio e o escopo da propriedade *hasContributor*, define o seu relacionamento inverso através do elemento **owl:inverseOf**. Por exemplo: se uma fotografia *tem como contribuidor* a agência de publicidade XYZ, esta agência *tem contribuído para* (hasContributedTo) a fotografia.

Figura 27 - Exemplo de propriedade de objetos em OWL

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="#hasContributor">
  <rdfs:range rdf:resource="#Agent"/>
  <rdfs:domain rdf:resource="#MediaResource"/>
  <owl:inverseOf rdf:resource="#hasContributedTo"/>
</owl:ObjectProperty>
```

Fonte: fragmento do código owl da Media Ontology.

Em OWL, **propriedades** são utilizadas para criar **restrições**, representadas pelo elemento **owl:Restriction**. Como o próprio nome sugere, uma restrição é utilizada para definir alguns limites para indivíduos que pertencem a uma classe. As restrições podem ser de três tipos: a) restrições que utilizam quantificadores; b) restrições do tipo *hasValue* (tem valor de) e c) restrições de cardinalidade. As restrições que utilizam quantificadores podem vir a ser de dois tipos: a) quantificador existencial: indica a existência de **pelo menos um** indivíduo, e em OWL é representado pela expressão *someValuesFrom*; e b) quantificador universal: pode ser interpretado como **todos** os indivíduos e é representado em OWL pela expressão *allValuesFrom*.

No exemplo da Figura 28, o elemento **owl:someValuesFrom** é usado para declarar que todos os *segmentos espaço temporais* (SpaceTimeSegment) **devem ter** (hasSegmentLocator) **ao menos um localizador temporal** (TimeLocator). Em termos lógicos significa dizer que **existe** um *período de tempo* associado a uma instância da classe *segmentos espaço temporais*, tendo-se, portanto uma restrição de quantificador existencial.

Figura 28 - Exemplo de utilização do quantificador existencial em OWL

```
<owl:Class rdf:ID="SpaceTimeSegment">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:someValuesFrom>
        <owl:Class rdf:ID="TimeLocator"/>
      </owl:someValuesFrom>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:ID="hasSegmentLocator"/>
      </owl:onProperty>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

Fonte: fragmento do código owl da MCO Boemie.

No exemplo da Figura 29, o elemento **owl:allValuesFrom** é usado para especificar a classe de possíveis valores que a propriedade especificada pelo elemento **owl:onProperty** pode assumir: apenas indivíduos da classe *regiões estáticas* (StillRegion) são permitidos como valores da propriedade *tem decomposição de mídia* (hasMediaDecomposition) que liga à classe *imagem*

(Image). Em termos lógicos significa dizer que **todas** as instâncias de imagem que são decompostas devem ser regiões estáticas. Portanto, têm-se uma restrição de quantificador universal.

Figura 29 - Exemplo de utilização do quantificador universal em OWL

```
<owl:Class rdf:about="#Image">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:allValuesFrom>
        <owl:Class rdf:ID="StillRegion"/>
      </owl:allValuesFrom>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty
rdf:about="#hasMediaDecomposition"/>
        </owl:onProperty>
      </owl:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  </owl:Class>
```

Fonte: fragmento do código owl da MCO Boemie.

O exemplo da Figura 30 mostra uma situação de restrição de cardinalidade em que um elemento pertencente à classe *TimeLocator* deve ter exatamente 1 tempo inicial e um 1 tempo final.

Figura 30 - Exemplo de utilização da restrição de cardinalidade em OWL

```
<owl:Class rdf:about="#TimeLocator">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:DatatypeProperty
rdf:about="#hasStartOffset"/>
        </owl:onProperty>
        <owl:cardinality
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
>1</owl:cardinality>
      </owl:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
    <rdfs:subClassOf>
      <owl:Restriction>
        <owl:onProperty>
          <owl:DatatypeProperty
rdf:about="#hasEndOffset"/>
          </owl:onProperty>
          <owl:cardinality
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#int"
>1</owl:cardinality>
        </owl:Restriction>
      </rdfs:subClassOf>
    </owl:Class>
```

Fonte: fragmento do código owl da MCO Boemie.

Buscou-se nessa seção apresentar os elementos principais da OWL para se conseguir construir ontologias formais, isto é, com seus componentes formalmente explícitos: declarações iniciais (*headers*), classes, propriedades e restrições. Informações relacionadas a serviços de inferência em OWL podem ser encontradas em Bechhofer, Horrocks e Patel-Schneider (2003).

Informações adicionais sobre a linguagem podem ser encontradas no sítio do W3C¹¹⁰, cujo complemento enriquece o aprendizado sobre o assunto: propriedades especiais (*owl:TransitiveProperty*, *owl:SymmetricProperty*, *owl:FunctionalProperty* e *Owl:InverseFunctional*), combinações lógicas para concepção de classes (*owl:complementOf*, *owl:unionOf* e *owl:intersectionOf*), definição de classes através de listas de elementos (*owl:oneOf*), além da especificidade de cada sublinguagem (OWL Full, OWL DL e OWL Lite). As Figuras 31 e 32 resumem respectivamente os construtores de classe e os axiomas da OWL.

Figura 31 - Construtores de classe OWL

Constructor	DL Syntax	Example	Modal Syntax
intersectionOf	$C_1 \sqcap \dots \sqcap C_n$	Human $\sqcap$ Male	$C_1 \wedge \dots \wedge C_n$
unionOf	$C_1 \sqcup \dots \sqcup C_n$	Doctor $\sqcup$ Lawyer	$C_1 \vee \dots \vee C_n$
complementOf	$\neg C$	$\neg$ Male	$\neg C$
oneOf	$\{x_1\} \sqcup \dots \sqcup \{x_n\}$	{john} $\sqcup$ {mary}	$x_1 \vee \dots \vee x_n$
allValuesFrom	$\forall P.C$	$\forall$ hasChild.Doctor	$[P]C$
someValuesFrom	$\exists P.C$	$\exists$ hasChild.Lawyer	$\langle P \rangle C$
maxCardinality	$\leq nP$	≤ 1 hasChild	$[P]_{n+1}$
minCardinality	$\geq nP$	≥ 2 hasChild	$\langle P \rangle_n$

Fonte: Bechhofer, Horrocks e Patel-Schneider (2003).

Figura 32 - Axiomas OWL

Axiom	DL Syntax	Example
subClassOf	$C_1 \sqsubseteq C_2$	Human $\sqsubseteq$ Animal $\sqcap$ Biped
equivalentClass	$C_1 \equiv C_2$	Man $\equiv$ Human $\sqcap$ Male
disjointWith	$C_1 \sqsubseteq \neg C_2$	Male $\sqsubseteq \neg$ Female
sameIndividualAs	$\{x_1\} \equiv \{x_2\}$	{President_Bush} $\equiv$ {G_W_Bush}
differentFrom	$\{x_1\} \sqsubseteq \neg \{x_2\}$	{john} $\sqsubseteq \neg$ {peter}
subPropertyOf	$P_1 \sqsubseteq P_2$	hasDaughter $\sqsubseteq$ hasChild
equivalentProperty	$P_1 \equiv P_2$	cost $\equiv$ price
inverseOf	$P_1 \equiv P_2^-$	hasChild $\equiv$ hasParent ⁻
transitiveProperty	$P^+ \sqsubseteq P$	ancestor ⁺ $\sqsubseteq$ ancestor
functionalProperty	$\top \sqsubseteq \leq 1P$	$\top \sqsubseteq \leq 1$ hasMother
inverseFunctionalProperty	$\top \sqsubseteq \leq 1P^-$	$\top \sqsubseteq \leq 1$ hasSSN ⁻

Fonte: Bechhofer, Horrocks e Patel-Schneider (2003).

3.3.3.5 Web semântica e dados abertos interligados (*Linked Open Data*)

A demanda por integração e compartilhamento de dados heterogêneos tem despertado interesse em várias comunidades (por exemplo, ciência da Web, multimídia, biologia, medicina, genoma, dentre outras) na adoção de conceituações comuns por meio de ontologias na Web. Tais comunidades desenvolvem linguagens com padrões preconizados pelo W3C para representar e

¹¹⁰ <http://www.w3.org/TR/owl-ref/>

organizar semanticamente seus dados neste ambiente. Além disso, várias iniciativas de governo eletrônico que objetivam compartilhar dados com os cidadãos representam esforço similar (SHADBOLT, HALL e BERNERS-LEE, 2006).

O paradigma *Linked Data* (BERNERS-LEE, 2006) ou dados interligados surge nessa perspectiva objetivando exibir e compartilhar dados como recursos na Web, estabelecendo ligações semânticas entre os mesmos de modo a torná-los acessíveis para consumo por humanos e máquinas. Berners-Lee (2006) postulou quatro princípios para o paradigma *Linked Data* propondo que todos os dados publicados na Web tornar-se-iam parte de um espaço único de dados globais, a saber: i) use URIs para dar nomes as coisas; ii) use HTTP URIs para que pessoas possam identificar esses nomes; iii) quando alguém identificar um URI, forneça informação útil usando padrões da Web Semântica, tais como RDF e SPARQL; e iv) inclua *links* para outras URIs, de modo a possibilitar a descoberta de mais coisas. As regras (i) e (ii) utilizam-se de duas tecnologias fundamentais para a Web, URIs e HTTP¹¹¹ (*HyperText Transfer Protocol*). A primeira, conforme já elucidada na seção 3.3.3.1, fornece meios genéricos para identificar qualquer entidade existente no mundo; e a segunda fornece um mecanismo universal para recuperar recursos digitais ou descrições a respeito desses recursos. A regra (iii) desponta tecnologias semânticas (RDF/XML; RDFS; OWL), especialmente para concepção e uso de ontologias, para representar dados na Web com significados mais precisos. Finalmente, a regra (iv) mostra a importância de se estabelecer conexões entre os dados na Web no sentido de aumentar a publicização e estruturação de redes globais de colaboração para contribuições em bases de conhecimentos específicas.

Schandl et al (2011) afirmam que a viabilização do paradigma *Linked Data* se faz através da conexão de diferentes fontes (intercâmbio de informações com acordo semântico), formando uma rede global de dados interligados (também denominada Web de dados¹¹²) acessível por produtores e consumidores para fins de descoberta de novos conhecimentos. Tal visão advém do projeto *Linked Open Data*¹¹³ (LOD) (BIZER, HEATH e BERNERS-LEE, 2009) surgido em janeiro de 2007 e mantido pelo grupo de Web Semântica do W3C (*Semantic Web Education and Outreach Group*¹¹⁴). O projeto consiste em identificar conjuntos de dados (*data sets*) disponíveis sob licença aberta, convertê-los para triplas em RDF, de acordo com os princípios *Linked Data* mencionados anteriormente, e finalmente publicá-los na Web de dados, formando uma nuvem de dados interligados.

Atualmente, com o amadurecimento da ideia de LOD, grandes organizações como *British Broadcasting Corporation* (BBC), *Thomson Reuters* e *Library of Congress* encontram-se

¹¹¹ <http://www.w3.org/Protocols/>

¹¹² *Web of data*, do inglês.

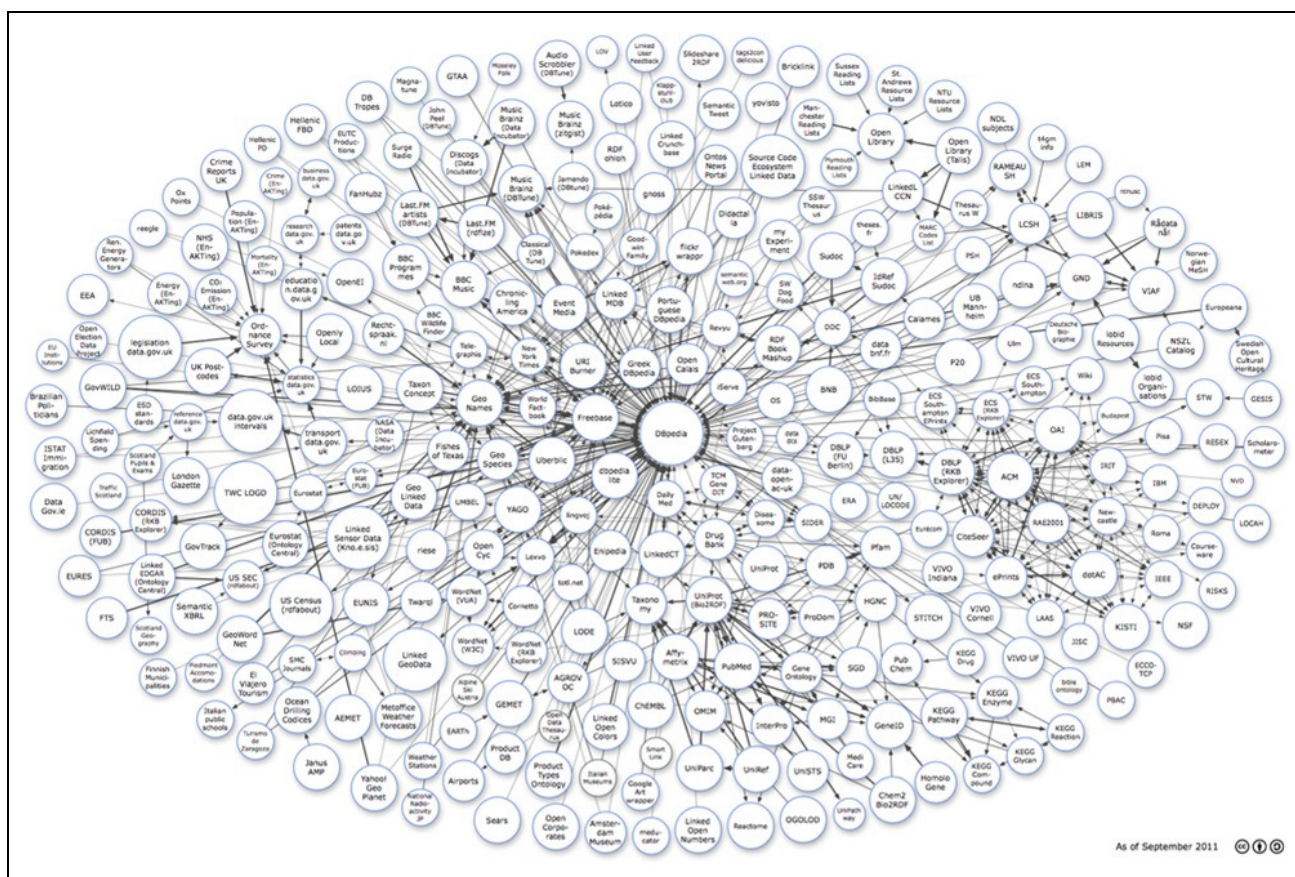
¹¹³ <http://esw.w3.org/topic/SweoIG/TaskForces/CommunityProjects/LinkingOpenData>

¹¹⁴ <http://www.w3.org/blog/SWEO/>

envolvidas na publicação de seus dados na nuvem (BIZER, HEATH e BERNERS-LEE, 2009). No Brasil, há iniciativas de publicação de dados abertos governamentais que seguem os padrões do W3C envolvendo bases de dados abertas em formato RDF conectadas a *data sets*. Um exemplo de iniciativa é o site *Ligado nos Políticos*¹¹⁵ que faz a extração automática de dados de bases públicas como Tribunal Superior Eleitoral (TSE), Senado Federal, Portal da Câmara dos Deputados, Políticos Brasileiros, Ficha Limpa e Transparência Brasil.

A Figura 33 apresenta o diagrama representando a nuvem LOD em sua versão recente (setembro de 2011) contemplando vários *data sets* e seus relacionamentos interligados.

Figura 33 - Diagrama da nuvem LOD



Fonte: [sitio http://lod-cloud.net/](http://lod-cloud.net/)

O conteúdo da nuvem é de natureza diversa compreendendo dados sobre localizações geográficas, pessoas, livros, publicações científicas, filmes, música, televisão e programas de rádio, genes, proteínas, testes de drogas clínicas, comunidades *online*, dados estatísticos, resultados de censos, dentre outros (BIZER, HEATH e BERNERS-LEE, 2009). O DBpedia é um exemplo de fonte pertencente a Web de dados, a qual expõe em um formato estruturado as informações disponíveis na Wikipedia; além de estabelecer ligações com outras fontes de dados como o *Linked Movie Data Base*¹¹⁶. Segundo Schandl et al (2011), em 2009 a base de conhecimento do DBpedia descreveu mais de 2 milhões de coisas como pessoas, álbuns de música e filmes em variados

¹¹⁵ <http://ligadonospoliticos.com.br/?pag=home>

¹¹⁶ <http://linkedmdb.org/>

idiomas. Isto se deve ao seu sistema de organização do conhecimento com aproximadamente 415.000 categorias e milhões de ligações semânticas entre os recursos na Web.

Finalmente, uma quantidade significativa de dados tem sido gerada, conectada e distribuída na Web, especialmente, dados multimídia, os quais necessitam de metadados eficientes para gestão, organização e recuperação de conteúdos associados. Benjamins et al (2011) destacam que no setor de mídia, a solução para problemas relacionados ao gerenciamento da explosão de conteúdos tanto textual quanto multimídia está na capacidade conceitual que o suporte automatizado oferece para um tratamento semântico adequado. Evain e Bürger (2011) afirmam que o elemento-chave para uma integração bem sucedida de dados, multimídia em especial, está na adoção de ontologias como um meio formal de descrever seus conteúdos e características técnicas.

No estudo do estado da arte apresentado no capítulo 2, constataram-se várias iniciativas de ontologias voltadas ao domínio de anotação multimídia, as quais se encontram em evolução no que diz respeito à maximização da interoperabilidade semântica entre dados de produtores e consumidores de conteúdo na Web. Entretanto, conforme assinalam alguns autores (JAIN et al, 2010; CORDEIRO et al, 2011; SCHANDL et al, 2011), os esquemas disponíveis da nuvem LOD não são suficientes para uma atribuição semântica satisfatória aos dados, pois não compreendem um modelo conceitual adequado para representar parte de suas realidades. Além disso, possuem deficiências na qualidade das informações publicadas na nuvem: i) falta de descrição conceitual nos conjuntos de dados; ii) ausência de *links* nos esquemas de dados (para e entre mídias); iii) falta de expressividade semântica na representação de dados; e iv) falta de endereçamentos para descrição de fragmentos multimídia.

Uma alternativa para amenizar essa problemática é a construção de ontologias multimídia orientada por uma ontologia de fundamentação, ou ontologia de alto nível (ARNDT et al., 2009; SAATHOFF e SCHERP, 2010) como, por exemplo, a *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering* (DOLCE) (MASOLO et al., 2003), e a *Unified Foundational Ontology* (UFO) (GUIZZARDI e WAGNER 2009). Segundo Guizzardi (2005), a utilização de um nível conceitual na concepção de ontologias de domínio é relevante no sentido de abstrair características tecnológicas, fornecendo uma descrição conceitual para os dados e melhorando a compreensão humana e a atribuição semântica às máquinas.

3.3.4 Padrões de metadados multimídia

Ossenbruggen, Nack e Hardman (2004) destacam o avanço nas pesquisas na área multimídia no que tange ao provimento de metadados multimídia na Web. Conforme foi elucidado na seção 3.1.2, metadados desempenham um papel fundamental na descrição de um recurso informacional redundando em pontos de acesso sobre o mesmo. Para recursos na Web, o esforço

conjunto entre o W3C (conforme foi explanado na seção anterior) e a ISO endereça a necessidade de descrição de conteúdo multimídia processável por máquina e baseada em semântica por meio da Web Semântica e da Interface de Descrição de Conteúdo Multimídia (padrão MPEG-7). Ambas as comunidades buscam fornecer um *framework* geral de metadados para aplicações de mídias inteligentes. Entretanto, observam-se diferenças pontuais nas propostas dos *frameworks* envolvidos no que diz respeito à descrição de conteúdo multimídia. Apesar de a visão sobre metadados ser similar tanto para a comunidade MPEG quanto para a comunidade W3C, algumas diferenças em relação a propósito são evidentes. A primeira foca uma interface comum para descrever material multimídia refletindo informação sobre o conteúdo, o que difere da segunda que foca na descrição subjacente ao conteúdo (ou na descrição do conhecimento sobre o recurso) por meio de tecnologias semânticas, especialmente ontologias.

Problemas significativos são apontados para metadados textuais e no contexto multimídia, principalmente pela convergência de processos informacionais na Web (OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004), a saber: i) *custo*, cuja produção de metadados de alta qualidade é uma atividade dispendiosa e consome tempo; ii) *subjetividade*, em que anotadores geralmente têm visões específicas acerca do conteúdo e do contexto em que é usado; iii) *restritividade*, em que um esquema com pouca restrição (como campo em texto livre) proporciona, geralmente, uma terminologia subjetiva, inconsistente e pouco aproveitada pela máquina; iv) *longevidade*, cuja construção de um esquema de anotação para fins específicos dentro de um domínio e suficientemente genérico entre domínios é uma tarefa difícil; v) *privacidade*, cujos metadados podem prover informações privadas ou sigilosas, o que requer cuidado especial; e vi) *padronização*, em que há necessidade de padronização tanto no nível de sintaxe quanto no nível semântico; o primeiro caso garante que uma ferramenta consiga analisar formatos de outras; e o segundo certifica que por meio de inferências automáticas, ferramentas podem descobrir a quais conceitos compartilhados um grupo de termos se refere.

Podem-se enumerar, ainda, algumas questões e desafios específicos para metadados no contexto multimídia (OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004), a saber:

- *Descrição de contextos alternativos*: um item de mídia pode desempenhar um papel retórico diferente em cada contexto.
- *Associação de anotações em dados multimídia*: possibilidade de anexar metadados a objetos no fluxo da mídia, como, por exemplo, um objeto (uma imagem) em uma região específica no quadro de um vídeo; identificar o objeto almejado dentro de uma cena não é tarefa simples, exigindo abordagem de segmentação de mídia.

- *Interpretação audiovisual*: anotação de material audiovisual implica em questões perceptivas, cognitivas e culturais (subjetividade humana); assim a padronização da anotação visa a facilitar a geração de metadados para permitir diferentes visões sobre o mesmo material audiovisual.
- *Gerenciamento de Workflow*: o processo de produção multimídia gera uma grande quantidade de metadados de alta qualidade, tais como cenários, *scripts* (roteiro), *storyboards* (esboços) e listas de decisão de edição; infelizmente muitos dos metadados capturados (por dispositivos como câmeras digitais) no processo de produção não estão disponíveis na versão recebida pelo usuário final; o desafio é controlar o fluxo de metadados na cadeia de produção e torná-los acessíveis às pessoas e aplicações autorizadas a usá-los.
- *Gerenciamento de direitos digitais*: o processo de produção multimídia torna a gestão de direitos digitais mais complexa do que seria para a produção de texto, pois os vários membros envolvidos (diretores, produtores, escritores de cenários, atores, e assim por diante) podem exercer seus direitos em um único item de mídia.

As comunidades de biblioteca digital, representação do conhecimento e IA (uma parte da comunidade interessada em raciocínio automatizado sobre mídias) que interpretam, manipulam e geram arquivos de mídia audiovisuais têm participado intensamente em projetos de pesquisas voltados a modelos e tecnologias para processamento de metadados (OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004; NACK, OSSENBRUGGEN e HARDMAN, 2005; BODOFF, HUNG e BEN-MENACHEM, 2005). Metadados para a comunidade de biblioteca digital ajudam na catalogação e na recuperação da informação em grandes coleções de documentos. O padrão Dublin Core é o comumente usado na comunidade com os seus 15 elementos de metadados destinados principalmente a catálogos em bibliotecas, incluindo título, assunto e dados de criação da obra. O padrão Dublin Core, juntamente com sua extensão híbrida (representada por metadados Dublin Core e MPEG-7 sob um único esquema), será referenciado na seção 3.3.4.2. Para o W3C, a Web Semântica é uma tentativa de produzir resultados de pesquisas em biblioteca digital e representação do conhecimento que sejam aplicáveis à Web.

Pesquisadores de representação do conhecimento ocupam-se com a infraestrutura tecnológica bem projetada para adicionar metadados a documentos Web com vistas à publicação formal e explícita de conhecimento na Web. Conforme apresentado tanto no estudo do estado da arte quanto em seção específica sobre o assunto, ontologias são estruturas-chave para compartilhar e comunicar conhecimento explícito por meio de um compromisso ontológico entre pessoas e aplicações (agentes computacionais) que irão usar a terminologia da ontologia de acordo com regras

especificadas. No que tange à Web, ontologias são concebidas por meio de linguagens de representação (ou declarativas) como OWL na especificação de objetos, conceitos, relacionamento entre eles e regras que limitam a interpretação destes em certo domínio. Como exemplo, cita-se um cenário (BODOFF, HUNG e BEN-MENACHEM, 2005) em que um vídeo na Web é descrito por metadados que especificam que o vídeo é sobre “dois jovens profissionais urbanos”; uma consulta feita com a sentença “estilo de vida yuppie” não retornaria a página. Combinando o metadado com uma ontologia, poder-se-ia declarar que “Yuppie” é um acrônimo comum para “Jovem Profissional Urbano” e que denota um estilo de vida específico. Desse modo, a mesma consulta retornaria a página com o vídeo em questão.

Apesar das diferenças entre as abordagens sobre modelagem de informação nas comunidades supracitadas, muitas aplicações necessitam de elementos das duas áreas de pesquisa. Segundo Ossenbruggen, Nack e Hardman (2004), ontologias podem ser endereçadas, por exemplo, para organização e controle da terminologia usada em metadados; além de auxiliar usuários na produção de anotações mais sistemáticas e consistentes por meio de conhecimento explícito acerca de um domínio. Entretanto, Bodoff, Hung e Ben-Menachem (2005) chamam a atenção para as ontologias convencionais (terminologia definida em comum acordo por uma comunidade) usadas como padrões de metadados. Ressaltam que possíveis conflitos nas definições da ontologia podem ocorrer em função da tentativa, por parte do ontologista, em usar a mesma definição arbitrária em diferentes contextos. Nesse sentido, recomendam usar esses tipos de ontologias para domínios restritos e com uso limitado de heranças, classificações e outros tipos de inferências. Em contrapartida, para propostas de ontologias mais ambiciosas que contemplam inferências bem elaboradas, Welty e Guarino (2001) propõem um guia para construção de ontologias bem fundamentadas baseadas mais em princípios filosóficos do que convenções arbitrárias. Como exemplo, cita-se a ontologia multimídia COMM (ARNDT et al., 2009) que usa em sua base a ontologia de fundamentação DOLCE para descrever objetos e situações no contexto multimídia endereçados a domínios diversos.

Pesquisas em multimídia, principalmente envolvendo o padrão de metadados MPEG-7, endereçam interoperabilidade aos recursos de metadados e flexibilidade no gerenciamento de dados. Em decorrência deste propósito, o padrão necessitou ajustar-se com abordagens de diferentes comunidades. De um lado, as comunidades de biblioteca digital e representação de conhecimento enfatizando a necessidade de descrições de alto nível para conteúdo audiovisual; do outro lado, a comunidade de processamento de sinais focando em técnicas de análise de imagens, buscando padronizar somente a representação de características de conteúdo de baixo nível, além de pesquisas sobre algoritmos de detecção de características de mídia (NACK e LINDSAY, 1999a; OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004). Com efeito, as diferentes visões técnicas entre

tais comunidades e os diferentes caminhos para formular os desafios apresentados pelo padrão acarretaram dificuldades e complexidade na especificação de elementos dentro do MPEG-7, conforme reflete a estrutura da norma. O padrão é elucidado na próxima seção.

3.3.4.1 O padrão MPEG-7

O MPEG-7 teve sua origem no ano de 1998 e em 2001 tornou-se padrão internacional ISO/IEC 15938 sob responsabilidade do *Moving Picture Experts Group*. Este mesmo comitê desenvolveu os padrões MPEG-1 (1992), MPEG-2 (1994) e MPEG-4 (1998-1999) focados em codificação de áudio e vídeo. O MPEG-1 e o MPEG-2 são responsáveis pela criação de produtos comerciais, tais como CD, MP3, transmissão de áudio digital, DVD, televisão digital, vídeos sob demanda, dentre outros; e o MPEG-4 padroniza elementos tecnológicos para os campos da multimídia interativa na Web, multimídia móvel, gráficos interativos e televisão digital avançada (CHANG, SIKORA e PURL, 2001; MARTÍNEZ, 2004). Formalmente, o padrão MPEG-7 está organizado em treze partes conforme abaixo:

- ISO/IEC 15938-1: *Systems*
- ISO/IEC 15938-2: *Description Definition Language*
- ISO/IEC 15938-3: *Visual*
- ISO/IEC 15938-4: *Audio*
- ISO/IEC 15938-5: *Multimedia Description Schemes*
- ISO/IEC 15938-6: *Reference Software*
- ISO/IEC 15938-7: *Conformance*
- ISO/IEC 15938-8: *Extraction and Use of Descriptions*
- ISO/IEC 15938-9: *Profiles*
- ISO/IEC 15938-10: *Schema Definition*
- ISO/IEC 15938-11: *Profile Schemes*
- ISO/IEC 15938-12: *Query Format*
- ISO/IEC 15938-13: *Compact Descriptors for Visual Search*

O componente *sistemas* especifica as ferramentas para preparar descrições para transporte e armazenamento eficientes, compressão de descrições e sincronização entre conteúdo e descrição. A *linguagem de definição de descrições* especifica a linguagem para padronização das ferramentas de descrição (esquemas de descrição, descritores e tipos de dados). A *parte visual* abrange esquemas e descritores para características visuais básicas. A *parte de áudio* abrange um conjunto de descritores de baixo nível para características de áudio. Os *esquemas de descrição multimídia* especificam ferramentas de descrição multimídia genérica e de alto nível, especialmente

áudio e vídeo, dispondo de elementos básicos para construção de descrições; além de descrições e relações para gerenciamento, organização, navegação e interação sobre o conteúdo. O *software de referência* fornece o *software* correspondente às ferramentas definidas pelo padrão ISO/IEC 15938 (partes 3-5). A *conformidade* especifica guias e procedimentos para testar a conformidade das implementações do padrão. O componente *extração e uso* informa sobre a extração e uso de descrições a partir do *software* de referência. O componente *profile* oferece ferramentas de extração de informação automática no momento da produção da mídia. A *definição de esquema* faz referência ao W3C XML Schema como linguagem usada na definição dos esquemas MPEG-7. O documento *esquemas de profile* apresenta revisões no esquema de perfil de descrição audiovisual (disponível em XML). O *formato de consulta* fornece informações sobre o formato padrão MPEG Query (conhecido como MPQF) usado para consultas em repositórios multimídia. E, finalmente, a parte *descritores compactos para busca visual* descreve sobre a padronização de tecnologias endereçadas a aplicações que necessitam de buscas e recuperação visuais eficientes e interoperáveis.

As partes da ISO/IEC 15938 que interessam a esta pesquisa são a 3, 4 e 5 pelo fato de especificarem um arcabouço terminológico consolidado na comunidade multimídia, tanto no aspecto que tange a conteúdo de baixo e médio nível quanto em relação a aspecto semântico de mídias. E, ainda, como esta pesquisa almeja propor um modelo ontológico para descrição de documentos multimídia, a modelagem em si torna-se independente de projeto específico ou escolhas tecnológicas. Sendo assim, a arquitetura tecnológica oferecida e normalizada pelo padrão não faz parte do escopo desta tese.

Finalmente, torna-se válido ressaltar que o procedimento de extração de conteúdo audiovisual não é normativo, ou seja, não faz parte da norma do padrão MPEG-7. Apenas os resultados da extração em XML são normativos. Segundo a norma, vários algoritmos de extração e propostas de implementação podem ser encontrados na literatura de disciplinas técnicas específicas (por exemplo, visão computacional; processamento de imagens; processamento de sinais de áudio). Desse modo, a elucidação dos algoritmos envolvidos nos cálculos empregados no processo de extração de conteúdo audiovisual bem como conceitos matemáticos e estatísticos envolvendo os descritores e os esquemas de descrição do padrão também não faz parte do escopo da tese. A seção 3.3.4.1.1 traz considerações gerais sobre o MPEG-7 e descreve brevemente seus principais elementos e aplicações interessadas em seu uso. A seção 3.3.4.1.2 descreve como os descritores visuais são organizados segundo a norma. A seção 3.3.4.1.3 apresenta as categorias que organizam os descritores para áudio. E a seção 3.3.4.1.4 elucida sobre a organização dos esquemas de descrição multimídia disponíveis no padrão.

3.3.4.1.1 Características, principais elementos e aplicações envolvidas

O padrão MPEG-7 busca prover um vocabulário rico e comum para multimídia, incluindo descritores de baixo nível, extraídos da própria mídia e, de alto nível, destinados à descrição semântica. Tal capacidade de abstração é que o diferencia de outros padrões de metadados (MARTÍNEZ; KOENEN e PEREIRA, 2002). Por exemplo, para conteúdo visual, um baixo nível de abstração poderia ser descrito pela sua cor, textura, forma e reconhecimento de rosto, tal como a identificação de personalidades em fotografias num acervo de imagens. Um alto nível de abstração concederia informação semântica, tal como uma narração sonora explicando sobre o evento histórico “a carta-testamento de Getúlio Vargas”; ou uma cena exibindo uma entrevista com o ex-presidente Juscelino Kubitschek em sua cidade natal, Diamantina.

A interface constituinte do padrão possibilita a atuação de usuários humanos bem como de processamento computacional para fins de instanciação dos esquemas de descrição. Usuários humanos (com apoio de ferramentas de autoria) são demandados quando há a necessidade de descrever características com alto nível de abstração; por outro lado, processamento computacional ocorre quando há a necessidade de extração de características com baixo nível de abstração. Assim, para os precedentes padrões MPEG (MPEG-1, MPEG-2 e MPEG-4) têm-se os arquivos de mídia e com o MPEG-7 pode-se localizá-los com o auxílio de descritores ou metadados.

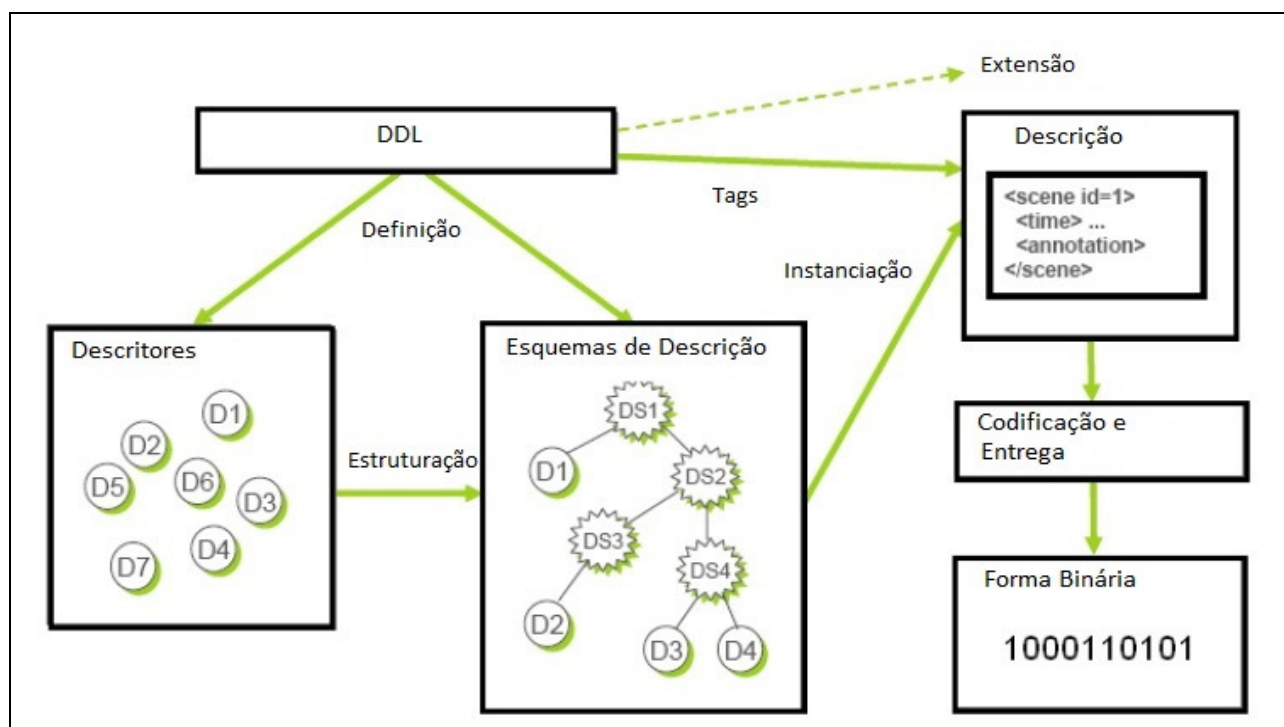
As descrições MPEG-7 são produzidas de duas formas, a saber: i) forma textual XML; e ii) forma binária. A tecnologia XML é utilizada no MPEG-7 como linguagem para representação textual da descrição de conteúdo, sendo um modelo flexível, extensível e legível a variadas aplicações nos mais diversos ambientes (conforme foi ressaltado na seção 3.3.3.1). A interoperabilidade entre aplicações interessadas no conteúdo das descrições ou em padrões futuros é viabilizada por XML (CHANG, SIKORA e PURL, 2001). E o formato binário (obtido por meio do *Binary Format for MPEG-7*) é um *framework* genérico adequado para gerenciamento de dados no que tange a armazenamento, processamento e transmissão eficiente de descrições MPEG-7, permitindo *streams* (fluxos de dados) e compressão de documentos XML.

O padrão MPEG-7 não depende do modo como o conteúdo é codificado ou armazenado por meio das aplicações que fazem uso de suas descrições. Além disso, é independente dos outros padrões MPEG (como o MPEG-4), podendo ser utilizado para descrever objetos em diversos formatos, como AVI (*Audio Visual Interchange*), MOV (*QuickTime movies*), WAV (*Wave sound files*), RA (*RealAudio*), RV (*RealVideo*), RM (*RealMedia*), MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*), dentre outros (NACK e LINDSAY, 1999a; NACK e LINDSAY, 1999b).

O conjunto de ferramentas de descrição (*Description Tools*) fornecido pelo MPEG-7 dispõe de elementos normativos de metadados que são especificados em **descritores** (*Descriptors - Ds*), **esquemas de descrição** (*Description Schemes - DSs*), **linguagem de definição de descrição**

(*Description Definition Language* - DDL) e **esquemas de codificação** (SALEMBIER e SMITH, 2001; SALEMBIER, 2001; MARTÍNEZ, 2004). A Figura 34 ilustra o relacionamento entre os elementos supracitados.

Figura 34 - Principais elementos do MPEG-7



Fonte: adaptado de Salembier (2001).

Os descritores (D1, D2, D3...) são elementos de metadados projetados principalmente para descrever características de baixo nível envolvendo áudio e vídeo, tais como parâmetros de sinal, timbre espectral, cor, textura e forma. Já os esquemas de descrição (DS1, DS2...) são projetados para descrever principalmente características de alto nível, tais como regiões, segmentos, objetos, eventos, e outros metadados relacionados à criação, produção e uso de conteúdo. Os esquemas geralmente são complexos por integrarem múltiplos descritores e os próprios esquemas de descrição por meio de relacionamentos entre os componentes. A linguagem de definição de descrição (DDL) especifica a sintaxe dos esquemas e dos descritores MPEG-7 através da linguagem W3C XML *Schema*. A instânciação de descritores ou esquemas MPEG-7 para a produção de descrições relativas a conteúdo audiovisual origina um documento XML, de acordo com as regras definidas pela DDL¹¹⁷. Finalmente, os esquemas de codificação produzem um formato binário de descrição que é compactado, fácil de transportar e resistente a erros durante a transmissão.

As descrições MPEG-7 são endereçadas a domínios de aplicações com funções de pesquisar, filtrar e navegar em conteúdos multimídia (NACK e LINDSAY, 1999a), tais como bibliotecas digitais (catálogo de imagens, filmes, acervos de vídeo e rádio); serviços culturais

¹¹⁷ Devido ao fato de a linguagem XML *Schema* não ter sido projetada especialmente para descrição de conteúdo audiovisual, foram adicionadas extensões específicas MPEG-7 ao esquema.

(museus históricos, galerias de arte); edição multimídia (serviços de notícia personalizados); seleção de mídia de transmissão (canal de rádio, canal de televisão); educação (repositórios de cursos multimídia, material multimídia de apoio a ensino); serviços de investigação (reconhecimento de características humanas) e jornalismo (busca por um discurso de um determinado político utilizando seu nome, sua voz ou imagem de seu rosto).

Segundo Martínez (2004), a norma MPEG-7 não foca na forma como as descrições MPEG-7 serão utilizadas nas consultas de usuários ou operações de filtragem. É de responsabilidade das máquinas de busca e dos agentes envolvidos na filtragem combinar os dados da consulta com as descrições MPEG-7. Como exemplos de consultas 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.

3.3.4.1.2 Descritores de tipo Visual MPEG-7

A extração de metadados dependentes de conteúdo para características visuais geralmente se dá pela similaridade de cores, de formas, de texturas, ou uma combinação destes (BARRETO, 2007). A *cor* é um dos atributos mais utilizados por um usuário humano na identificação visual. Nas buscas envolvendo *cor*, as operações de similaridades permitem encontrar imagens cujas cores são próximas de: uma imagem exemplo extraída de um banco de dados; esboços preparados pelo usuário (com ajuda de uma ferramenta de desenho); objetos conhecidos com propriedades de composição espectral. A *textura* é um atributo importante na revelação de características tácteis, de profundidade e orientação de superfícies para uma imagem. É um padrão visual com propriedades homogêneas, tais como repetição de linhas e características físicas superficiais dos objetos. No processo de extração, pode-se obter um importante descritor para indexar imagens da natureza. E a *forma* permite identificar através de uma visão bidimensional (2D) ou tridimensional (3D) parte da estrutura dos objetos. As características de identificação podem ser globais ou locais. As globais são propriedades derivadas da forma como um todo, como simetria, circularidade, localização de eixos, etc. Já as locais são derivadas do processamento parcial da forma, incluindo tamanho e orientação de segmentos consecutivos de bordas, pontos de curvaturas e ângulos de curvas.

Os descritores visuais MPEG-7 cobrem as seguintes características visuais primitivas: cor, textura, forma, movimento, localização e reconhecimento de rosto. Cada categoria, descrita a seguir, consiste de descritores elementares e sofisticados.

- Estruturas Básicas (*Basic Structures*): consistem em ferramentas que apoiam os descritores visuais MPEG-7 concernentes a características elementares como cor, textura e forma.
- Descritores de Cor (*Color Descriptors*): constituem em vários descritores e ferramentas de apoio para representar diferentes aspectos de características de cor.
- Descritores de Textura (*Texture Descriptors*): consistem em descritores de baixo nível poderosos para busca e recuperação de imagens.
- Descritores de Forma (*Shape Descriptors*): promovem características relacionadas a arranjo espacial de pontos (*pixels*) que pertencem a um objeto ou uma região. Os descritores podem ser agrupados em classes de duas dimensões (2D) ou três dimensões (3D).
- Descritores de Movimento (*Motion Descriptors*): promovem descritores capturados pelo movimento de câmera, objeto em movimento, ou ambos.
- Descritores de Localização (*Descriptors for Localization*): consistem em ferramentas de descrição de localização para indicar regiões de interesse em domínios espacial e espaço-temporal.
- Reconhecimento de Rosto: promove ferramentas (*FaceRecognition e AdvancedFaceRecognition*) voltadas à identificação semântica de rostos em conteúdos visuais.

3.3.4.1.3 Descritores de tipo Áudio MPEG-7

Além das práticas tradicionais da área de biblioteconomia voltadas à representação descritiva oriundas dos séculos 19 e 20, o padrão MPEG-7 usa práticas emergentes envolvendo critérios baseados em sinais de áudio que podem ser automaticamente extraídos de qualquer resolução temporal ou espectral desejado (QUACKENBUSH e LINDSAY, 2001). Segundo os autores, o MPEG-7 é a tecnologia de descrição do século 21.

O *framework* MPEG-7 Áudio, em conjunto com elementos básicos dos esquemas de descrição multimídia (apresentados na próxima seção), fornece estruturas para descrever conteúdo relacionado a áudio. Tais estruturas incluem tecnologias denominadas *Scale Tree* (permite séries temporais de descritores escaláveis por meio de tipos de dados, tais como *escalar*, *vetor* e *matriz*

para fins de resumos estatísticos) e *Audio Segment* (permite intervalo temporal com agregação de descritores de áudio). Em relação aos descritores, o *framework* contempla os de baixo nível (ou ferramentas genéricas) envolvendo características espectrais, paramétricas e temporais para descrever sinais e arquivos de áudio; além de descrições de alto nível (ou ferramentas de aplicações específicas) voltadas à indexação e reconhecimento de som; timbre instrumental; conteúdo falado; marcação de áudio; e melodia.

Segundo a norma, existem dezessete parâmetros que cobrem características temporais e espectrais. Podem ser classificados nas categorias abaixo:

- Básico (*Basic*): os descritores básicos são de uso geral e aplicáveis a todos os tipos de sinais.
- Espectral Básico (*Basic Spectral*): os quatro descritores organizados em *Basic Spectral* compartilham da mesma base, derivando da análise de frequência do sinal.
- Paramétricos de Sinal (*Signal Parameters*): aplicados a sinais periódicos ou quase periódicos.
- Timbre Temporal (*Timbral Temporal*): descrevem características temporais de segmentos de áudio; úteis especialmente para descrever características do timbre¹¹⁸ de instrumentos musicais.
- Timbre Espectral (*Timbral Spectral*): descrevem características do timbre relacionadas ao espectro do sinal.
- Base Espectral (*Spectral Basis*): representam projeções de baixa dimensionalidade de um espaço espectral de alta dimensão para ajudar na compacidade e identificação. Os descritores são usados principalmente com ferramentas de classificação de som e indexação de descrição.
- Segmento de Silêncio (*Silence Segment*): atribui uma semântica simples de “silêncio” (nenhum som significativo) para um segmento de áudio. Considerado um descritor eficaz no suporte à segmentação do fluxo de áudio, sugerindo o não processamento de um determinado segmento.

As ferramentas de descrição de áudio consideradas de alto nível e que podem canonicamente representar um som com certo grau de generalidade para riqueza nas descrições incluem descritores e esquemas de descrição voltados à cobertura de domínios de conhecimento específicos. A norma contempla cinco conjuntos de ferramentas integradas destinadas às seguintes áreas de aplicações: i) marcação de áudio; ii) timbre de instrumento musical; iii) descrição de

¹¹⁸ Timbre é definido na literatura como características perceptivas que fazem dois sons com a mesma altura e intensidade soar de forma distinta (MARTÍNEZ, 2004).

melodia; iv) indexação e reconhecimento de som; e v) conteúdo falado. Os dois últimos são considerados bons exemplos de como o *Framework* de Áudio e as ferramentas de esquemas de descrição multimídia (MDS) podem ser integradas para apoiar outras aplicações. A seguir é elucidada brevemente cada ferramenta de áudio para descrição de alto nível (QUACKENBUSH e LINDSAY, 2001; MARTÍNEZ, 2004).

- Esquema de descrição para marcação de áudio (*Audio Signature Description Scheme*): o descritor de nivelamento espectral ajuda nas funcionalidades de combinação robusta de sinais de áudio. O descritor é estatisticamente sumarizado no esquema de descrição *AudioSignature* como uma representação condensada do sinal de áudio; além de fornecer um identificador de conteúdo único para fins de identificação automática de sinais de áudio. Exemplos de aplicações incluem impressão digital de áudio e identificação de áudio em bases de dados de obras conhecidas.
- Ferramentas de descrição para timbre de instrumento musical (*Musical Instrument Timbre Description Tools*): os descritores de timbre são voltados à descrição de características de percepção de sons de instrumentos. Relacionam-se com noções de “ataque”, “brilho” e “riqueza” de um som. Algumas classes de sons de instrumentos musicais, tais como sons de harmonia e de percussão são bem detalhadas na norma.
- Ferramentas para descrição de melodia (*Melody Description Tools*): as descrições incluem uma representação rica de melodias monofônicas para facilitar a correspondência de similaridade melódica, como consultas por sussurros. O esquema de descrição *MelodyContour* usa um contorno de cinco passos (representando a diferença de intervalo de escala de passo entre notas adjacentes) em que intervalos são quantizados; além de representar informação rítmica básica por meio do armazenamento do número de notas que pode aumentar consideravelmente a precisão nas combinações de consultas.
- Ferramentas de descrição para reconhecimento e indexação de som em geral (*General Sound Recognition and Indexing Description Tools*): os descritores e os esquemas de descrição envolvidos são uma coleção de ferramentas para indexação e categorização de efeitos de sons em geral permitindo apoio na identificação automática de tais efeitos. Podem utilizar taxonomias (esquemas de classificação) e ontologias de reconhecimento de sons como apoio na indexação automática de trilhas de som. Exemplos de aplicações incluem classificação de gênero e reconhecimento de voz.

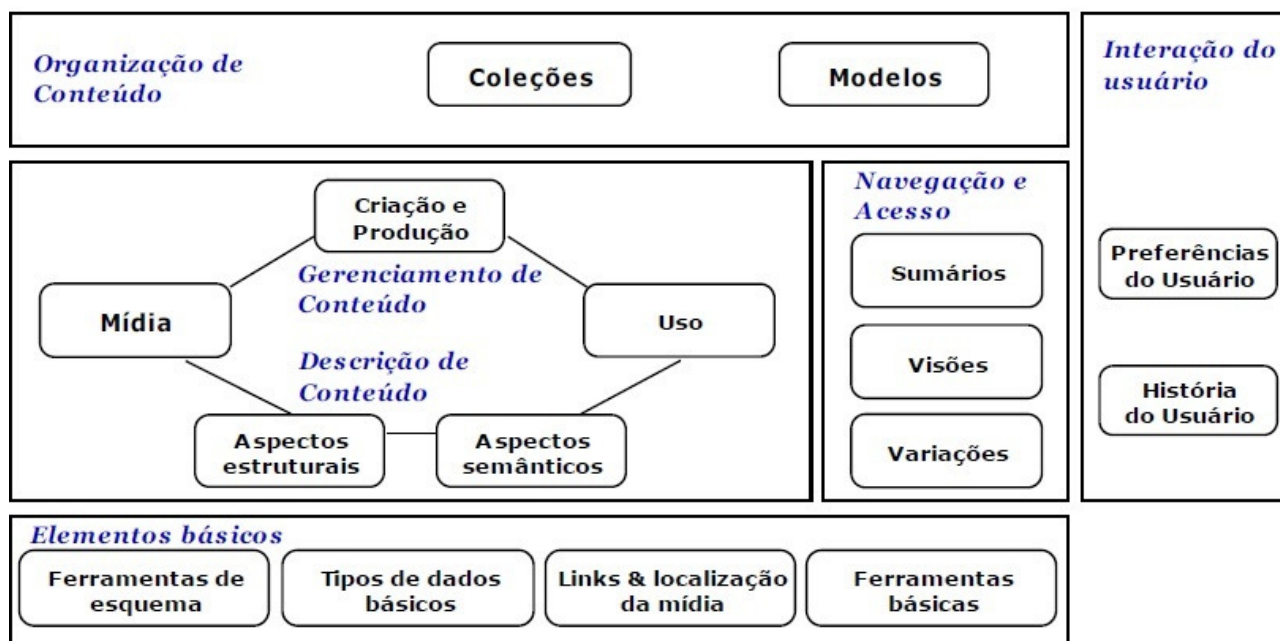
- Ferramentas para descrição de conteúdo falado (*Spoken Content Description Tools*): os descritores e os esquemas envolvidos permitem descrições detalhadas das palavras faladas dentro de um fluxo de áudio. O padrão MPEG-7 reconhecendo a limitação tecnológica de reconhecimento automático de fala no que diz respeito a expressões fora do vocabulário, sacrifica alguma compacidade para robustez de pesquisa. As ferramentas podem ser usadas para indexação e recuperação em fluxos de áudio e indexação de objetos multimídia anotados por meio de fala. Exemplos de aplicações incluem: i) um filme ou gravação de um vídeo em que um personagem fala uma determinada palavra ou sequência de palavras; o suporte de mídia seria então reconhecido e a consulta retornaria o conteúdo na posição específica da mídia; ii) bases de dados de documentos falados possibilitando recuperação de documentos relevantes e, opcionalmente, a posição nesses documentos dos discursos correspondentes; e iii) recuperação de fotografia anotada por uma fala.

3.3.4.1.4 Esquemas de Descrição Multimídia

Os esquemas de descrição MPEG-7 objetivam capturar os aspectos semânticos de conteúdo multimídia, consistindo de uma combinação de áudio, dado visual, e possivelmente dados textuais (SALEMBIER e SMITH, 2001). A implementação dos esquemas é realizada por meio da linguagem *XML Schema*. O conjunto de esquemas XML MPEG-7 define **1182 elementos**, **417 atributos** e **377 tipos complexos** (GARCIA e CELMA, 2005). De acordo com Garcia e Celma (2005), o gerenciamento do padrão torna-se difícil em função do tamanho e da complexidade na especificação de seus elementos. Além disso, a semântica envolvida na maioria de seus construtos encontra-se implícita pelo fato da utilização restrita de XML (linguagem baseada em sintaxe), conforme foi mostrado em seção específica sobre as especificações da Web Semântica.

A Figura 35 fornece uma visão geral da organização dos esquemas de descrição multimídia em diferentes áreas funcionais, a saber: elementos básicos, gerenciamento de conteúdo, descrição de conteúdo, navegação e acesso, organização de conteúdo e interação de usuário.

Figura 35 - Visão geral do Esquema de Descrição Multimídia MPEG-7



Fonte: adaptado de Salembier e Smith (2001).

- Elementos básicos

O padrão fornece um conjunto de ferramentas de esquemas que apoiam na formação, empacotamento e anotação de descrições MPEG-7. Os metadados que se encaixam nessa área funcional permitem descrever anotações textuais (*TextAnnotation DS*) e temporais (*Time DS*; *MediaTime DS*).

O *TextAnnotation DS* oferece uma funcionalidade de anotação textual estruturada incluindo campos específicos correspondentes às questões: “*Who?* (Quem?) *What object?* (Qual objeto?) *What action?* (Qual ação?) *Where?* (Onde?) *When?* (Quando?) *Why?* (Por quê?) *How?* (Como?)”. Destaca-se também o fornecimento de construtores para geração de esquemas de classificação e vocabulários controlados, o que acarreta vantagens sobre a padronização de vocabulários fixos para diferentes aplicações e domínios.

Os esquemas relacionados a tempo são baseados na ISO 8601, adotada pela linguagem XML *Schema* para evitar ruídos nas comunicações envolvendo notações diferentes. O *Time DS* descreve informação de tempo no mundo real e o *MediaTime DS* descreve informação temporal em fluxos (*streams*) de mídia, como, por exemplo, duração total de um vídeo, instante inicial e duração dentro de um segmento.

- Gerenciamento de conteúdo

Os esquemas de descrição voltados a gerenciamento de conteúdo contemplam as seguintes informações: i) criação e produção; ii) codificação da mídia, armazenamento e formatos

de arquivo; e iii) uso do conteúdo. Dependendo da aplicação multimídia específica, muitas dessas informações são opcionais nos esquemas envolvidos.

A informação sobre *Criação* (*Creation Information DS*) descreve a criação e a classificação do conteúdo audiovisual e de outros materiais associados. Os descritores principais incluem título; anotação textual; e informações como criadores, locais de criação e datas. A informação sobre classificação descreve categorias destinadas à classificação de materiais audiovisual, tais como gênero, assunto, propósito, idioma; além de classificação etária, orientação para pais e avaliação subjetiva.

A informação sobre *Mídia* (*MediaInformation DS*) descreve os meios de armazenamento contemplando formato, compressão e codificação do conteúdo audiovisual. O esquema de descrição envolvido considera a identificação da mídia mestra (*master media*), que é a fonte original por meio da qual diferentes instâncias de conteúdo audiovisual são produzidas. As instâncias (referenciadas como *media profiles*), por sua vez, são versões da mídia mestra obtidas geralmente pelo uso de diferentes codificações, armazenamentos e formatos de entrega.

Finalmente, a informação sobre *Uso* (*Usage Information DS*) descreve informações de maneira dinâmica (a informação muda durante o ciclo de vida do conteúdo) envolvendo direitos de uso (informação sobre gerenciamento de direitos e proteção), registro e disponibilidade de uso (informação relacionada a *broadcasting*, entrega sob demanda, vendas de CD) e informação financeira (informação sobre custo de produção, renda resultante do uso do conteúdo) acerca do conteúdo audiovisual.

- Descrição de conteúdo

Essa área funcional fornece um conjunto de esquemas para descrição da estrutura e da semântica do conteúdo audiovisual. As *ferramentas estruturais* descrevem a estrutura de conteúdo audiovisual em termos de segmentos de vídeo (quadros, regiões em movimento e regiões estáticas) e segmentos de áudio. As ferramentas semânticas descrevem objetos, eventos e noções do mundo real que podem ser abstraídos do conteúdo multimídia.

Os esquemas destinados a segmentos (*Segment DS*) descrevem o resultado de um particionamento espacial, temporal ou espaço-temporal de conteúdo audiovisual, redundando em uma decomposição recursiva ou hierárquica de segmentos. A seguir alguns esquemas de descrição para segmentos comumente usados são exemplificados indicando suas propriedades espacial e/ou temporal:

- *AudioSegment DS*: descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.
- *VideoSegment DS*: descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.

- *AudioVisualSegment* DS: descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.
- *StillRegion* DS: descreve um segmento ou uma região de uma imagem, ou um quadro em um vídeo.
- *MovingRegion* DS: descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.

Um segmento também pode ser decomposto em subsegmentos por meio do *Segment Decomposition* DS, como nos exemplos: i) um segmento de vídeo sendo decomposto em regiões em movimento, que, por sua vez podem ser decompostas em regiões estáticas; e ii) um áudio em inglês sendo extraído de uma sequência de vídeo e gerando várias faixas (*tracks*) para este mesmo áudio.

Dentre as propriedades comuns de segmentos estão informações relacionadas à criação, uso, formato da mídia, localização da mídia, anotação de texto e relação entre segmentos (estabelecendo, portanto, relações entre esquemas de descrição MPEG-7). Características específicas dependendo do tipo de segmento são também permitidas, conforme ilustra o Quadro 5.

Quadro 5 - Características específicas para descrição de segmentos MPEG-7

Características	Segmento de vídeo	Região estática	Região em movimento	Segmento de áudio
Tempo	X		X	X
Forma		X	X	
Cor	X	X	X	
Textura		X		
Movimento	X		X	
Movimento câmera	X			
Áudio			X	X

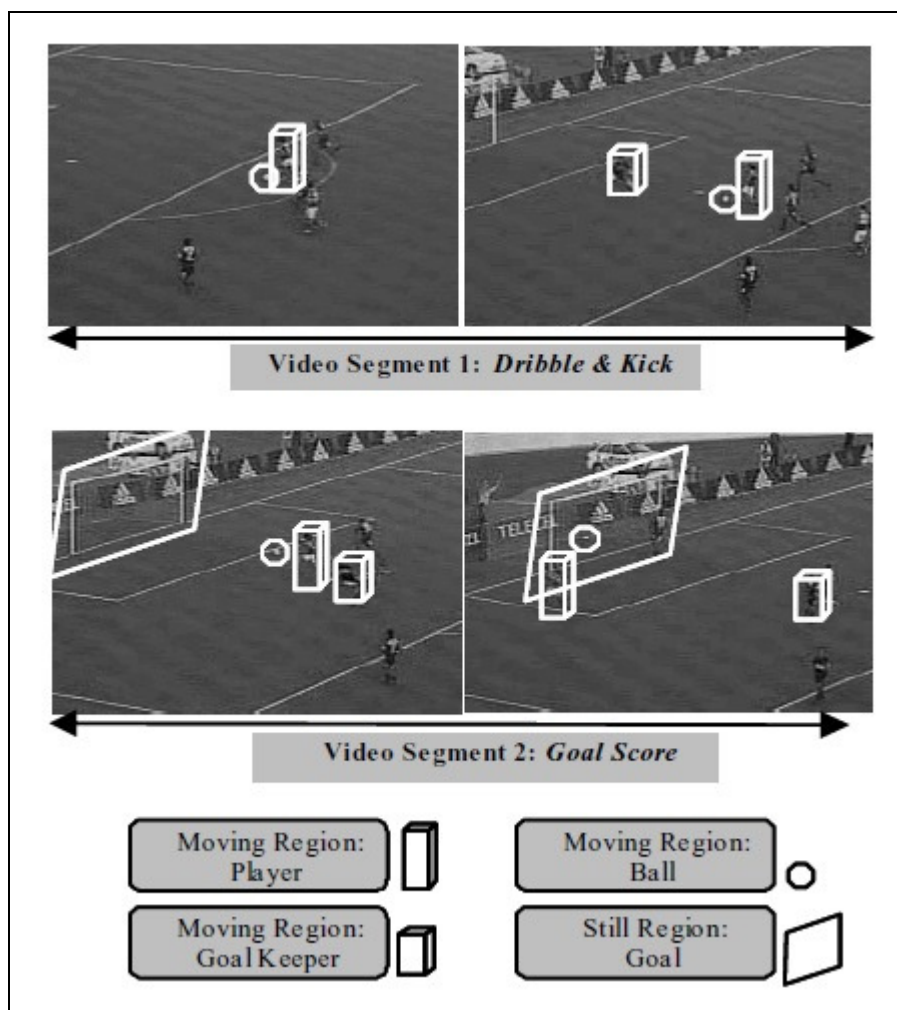
Fonte: adaptado de Salembier e Smith (2001).

Conforme foi explicitado nas seções 3.3.4.1.2 e 3.3.4.1.3 envolvendo os descritores visuais e de áudio, respectivamente, a maioria dos descritores correspondentes a essas características específicas podem ser extraídos automaticamente do conteúdo original.

Os esquemas destinados a relações (*SegmentRelation* DS) descrevem relacionamentos espaço temporal entre segmentos. Como exemplo, a Figura 36 ilustra um trecho de uma partida de futebol envolvendo: dois segmentos de vídeo (*VideoSegment* DS), uma região estática (*StillRegion* DS) e três regiões em movimento (*MovingRegion* DS). O segmento de vídeo *Dribble & Kick* (drible e chute) envolve uma bola (*ball*), um goleiro (*goalkeeper*) e um jogador (*player*). A bola permanece junto ao jogador que está se movendo até o goleiro. O jogador aparece à direita do goleiro. Já o segmento de vídeo *Goal Score* (objetivo de pontuar) envolve as mesmas regiões em movimento,

com acréscimo da região estática denominada objetivo (*goal*). Nesta parte da sequência, o jogador está à esquerda do goleiro e a bola se move para o objetivo.

Figura 36 - Relacionamentos espaço temporal entre segmentos MPEG-7

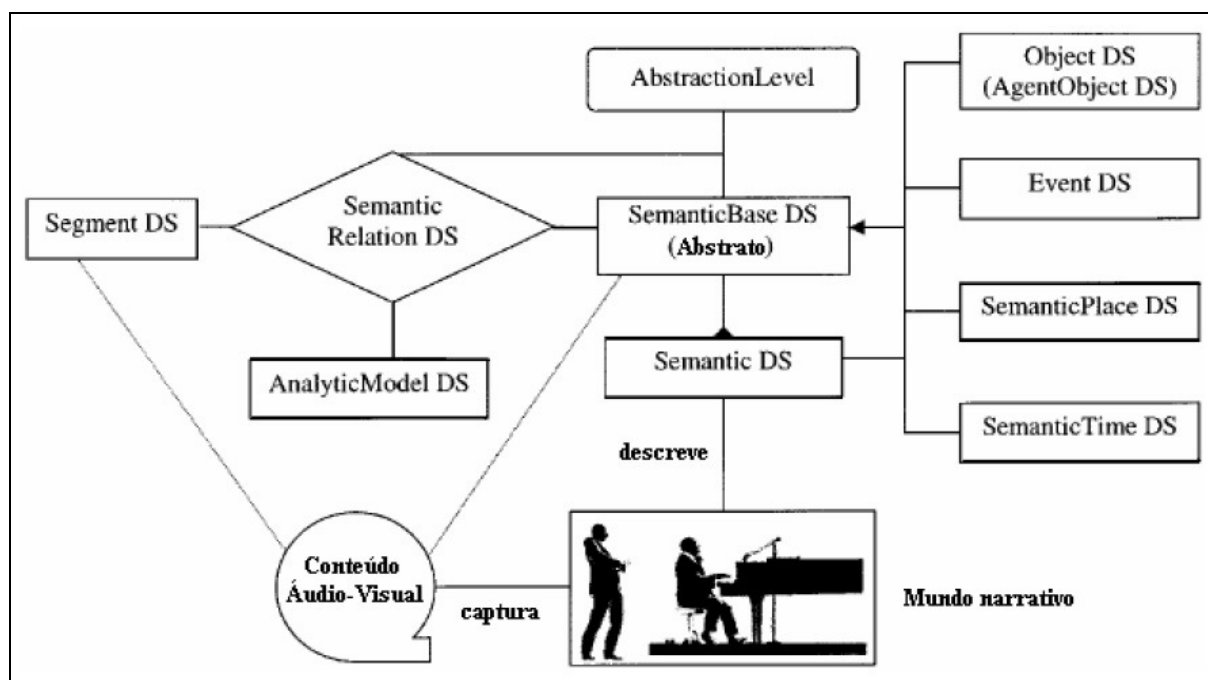


Fonte: adaptado de Salembier e Smith (2001).

Este exemplo ilustra a flexibilidade no processo de anotação neste tipo de representação. Entretanto, alguns problemas relacionados à explicitação da semântica aparecem na representação devido ao fato de a anotação textual ser proveniente de palavras-chave, tais como bola, jogador ou goleiro. Tais problemas reforçam a fragilidade semântica nas descrições MPEG-7.

Para aplicações em que o usuário está interessado na semântica do conteúdo, uma alternativa oferecida pelo padrão é o *Semantic DS*. Neste esquema, a ênfase muda dos segmentos para os eventos, objetos, lugares e tempo em mundos narrativos. Um mundo narrativo abrange o contexto para uma descrição semântica, ou seja, a “realidade” na qual a descrição tenha sentido. A organização dos esquemas para descrição semântica é apresentada na Figura 37.

Figura 37 - Esquemas de descrição para aspectos conceituais MPEG-7



Fonte: adaptado de Salembier e Smith (2001).

O esquema *SemanticBase DS* descreve mundos narrativos e entidades semânticas que pertencem a estes. Esquemas de descrição especializados são derivados do *SemanticBase DS*, os quais descrevem tipos específicos de entidades semânticas, tais como objetos (*Object DS*), agentes de objetos (*AgentObject DS*), eventos (*Event DS*), lugares (*SemanticPlace DS*) e tempo (*SemanticTime DS*). O esquema *Semantic DS* descreve mundos narrativos que são retratados ou relacionados a conteúdos audiovisuais. Na prática, isto pode ser usado para descrever um modelo para conteúdo audiovisual na intenção de encapsulamento para fins de reúso em aplicações multimídia.

O esquema *Object DS* descreve um objeto concreto ou abstrato, sendo o primeiro uma entidade que existe no tempo e no espaço em um mundo narrativo (ex.: piano de Tom); já o segundo é o resultado da abstração para um objeto concreto (ex.: qualquer piano). Em essência, isso reflete um modelo de objetos. O esquema *AgentObject DS* estende o *Object DS*, descrevendo pessoa, grupo de pessoa, organização ou objetos personalizados (ex.: uma xícara falante em um desenho animado). O esquema *Event DS* descreve um evento concreto ou abstrato, sendo o primeiro uma relação dinâmica envolvendo um ou mais objetos ocorrentes numa região espaço-temporal em um mundo narrativo (ex.: Tom tocando piano); e o segundo é o resultado da abstração a um evento concreto (ex.: alguém tocando piano). Um modelo de eventos é também gerado para essas descrições. Finalmente, os esquemas *SemanticPlace DS* e *SemanticTime DS* descrevem, respectivamente, um lugar e um tempo em um mundo narrativo.

Do mesmo modo como ocorre no esquema *Segment DS*, o aspecto conceitual de descrição pode ser organizado em uma estrutura hierárquica, incluindo um conjunto de nós,

apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações especificando o relacionamento entre os nós. Tais relações são descritas pelo esquema *SemanticRelation* DS. O esquema ainda permite organizar as descrições semânticas de instâncias individuais para descrições abstratas (ou, simplesmente, classes de conteúdo audiovisuais).

- Navegação e acesso

O MPEG-7 oferece ferramentas que facilitam a navegação e o acesso a conteúdo audiovisual através da descrição de sumários; visões e partições; e variações. Os recursos disponíveis permitem a adaptação de diferentes apresentações multimídia de acordo com as capacidades de terminais de clientes, condições de rede e preferências do usuário.

Os sumários permitem uma navegação rápida e eficiente pelo conteúdo audiovisual. Os principais esquemas voltados a sumários são: *Summarization* DS, *Hierarchical Summary* e *SequentialSummary* DS. O primeiro esquema contém *links* (possibilitando múltiplos sumários) para o material audiovisual a nível de segmentos e quadros. O segundo esquema descreve a organização de resumos em múltiplos níveis de detalhe temporal. E o terceiro esquema descreve um resumo consistindo de uma sequência de imagens ou quadros de vídeo que podem estar sincronizados com áudio.

As visões, representadas pelo esquema *View* DS, permitem descrever a estrutura, partição ou decomposição de um sinal visual ou de áudio em termos de espaço, tempo e frequência. O esquema *Variation* DS descreve variações de material audiovisual, incluindo versões em baixa resolução, resumos, diferentes idiomas e diferentes modalidades, tais como áudio, vídeo, imagem, texto, e assim por diante. Uma das principais funcionalidades deste esquema é permitir um *servidor* ou *proxy* selecionar e entregar variações adequadas de conteúdo audiovisual de acordo com a capacidade do *hardware*, condições de rede ou preferências de usuário.

- Organização de conteúdo

Os esquemas envolvidos são endereçados à organização e à modelagem de conteúdo audiovisual, segmentos, eventos, objetos no sentido de descrever suas propriedades comuns resultando, por exemplo, em coleções de material audiovisual, de descritores, de conceitos ou conteúdos mistos. O *Collection* DS pode ser usado, por exemplo, para descrever um álbum de canções, um grupo de objetos ou um grupo de descritores com características de cor. O *Model* DS fornece ferramentas para modelar atributos e características de conteúdo audiovisual, incluindo funções estatísticas específicas e estruturas probabilísticas.

- Interação de usuário

Os esquemas que refletem a interação com o usuário (*UserPreference* DS e *UsageHistory* DS) descrevem preferências de usuários em relação ao consumo de conteúdo audiovisual e histórico de uso. As descrições resultantes destes esquemas podem ser combinadas com as descrições de conteúdo AV MPEG-7 buscando personalização de conteúdo para acesso, apresentação e consumo mais eficiente e efetivo.

Finalmente, devido à complexidade e quantidade de esquemas de descrição que compõem cada área funcional, detivemos-nos aqui a uma breve descrição do escopo de cada área, incluindo seus principais esquemas. Para um maior detalhamento, a referência oficial do padrão (MARTÍNEZ, 2004) deve ser consultada.

3.3.4.2 O padrão Dublin Core

O padrão de metadado Dublin Core (ISQ, 2010) teve sua origem na década de 90 quando a Web encontrava-se em sua fase de amadurecimento. Em uma discussão ocorrida em outubro de 1994 na Conferência *2nd Annual World Wide Web* em Chicago vislumbrou-se a necessidade de uma infraestrutura para habilitar descoberta de recursos na Web. Meses depois, um *workshop*, liderado principalmente por bibliotecários, foi realizado para discutir um formato de metadado básico endereçado a descrever recursos na Web. Assim, nascia o *Dublin Core Metadata Initiative* (DCMI).

O DCMI realizou entre 1995 e 2001 vários *workshops* e encontros envolvendo profissionais multidisciplinares com propósito de discutir a necessidade de desenvolvimento de um padrão extensível e amplamente aplicável. Desse modo, em 1999 um conjunto de 15 elementos de metadados, derivados do padrão MARC, foi proposto e publicado como uma referência. O *The Dublin Core Metadata Element Set* (DCMES) tornou-se um padrão nacional em 2001 (ANSI/NISO Z39.85) e um padrão internacional em 2003 (ISO 15386).

O Dublin Core é endereçado principalmente para descrição de recursos eletrônicos na internet destinados principalmente a museus, bibliotecas, agências de governo e organizações comerciais (HUNTER, 2002a). Suas principais características estariam centradas na simplicidade na descrição de recursos; na interoperabilidade semântica; num consenso internacional e interdisciplinar; e na extensibilidade. De acordo com ISQ (2010), o padrão é alvo de críticas, principalmente pela comunidade de biblioteconomia, no que tange à simplicidade no formato e estrutura de seus elementos, além de comparações com o MARC e outros padrões comumente usados pela comunidade. Entretanto, apesar das críticas, o padrão é amplamente utilizado em várias comunidades na descrição de recursos eletrônicos e como fundamento para a concepção ou

proposta de outros padrões de metadados. O Quadro 6 apresenta a relação dos 15 elementos Dublin Core.

Quadro 6 - Descritores Dublin Core

Descritores	Características
Contributor (Colaborador)	Entidade responsável pela contribuição na criação do recurso, como, por exemplo, pessoa, organização ou serviço.
Coverage (Cobertura)	Escopo espacial ou temporal ou abrangência do recurso. O nome de lugar, localização por coordenadas geográficas são exemplos de escopo espacial. Datas e intervalos de datas são exemplos de escopo temporal. Já a abrangência do recurso pode ser o nome de uma entidade administrativa ou uma localidade geográfica na qual o recurso é aplicado.
Creator (Criador)	Entidade responsável pela criação do recurso. Pessoas, organizações e serviços são alguns exemplos. Normalmente, o nome do criador é utilizado para indicar uma entidade.
Date (Data)	Período de tempo associado com o ciclo de vida do recurso.
Description (Descrição)	Descrição sobre o conteúdo do recurso.
Format (Formato)	Manifestação física ou digital do recurso, podendo incluir formato, tamanho e duração.
Identifier (Identificador)	Identificação unívoca do recurso em um determinado contexto. É recomendado que a identificação esteja em conformidade com algum sistema de identificação formal.
Language (Linguagem)	Idioma relativo ao conteúdo do recurso.
Publisher (Publicador)	Entidade responsável pela disponibilização do recurso.
Relation (Relação)	Estabelece um relacionamento entre recursos, promovendo uma referência a um recurso associado.
Rights (Direitos)	Geralmente incluem informações sobre direitos de propriedade intelectual associados ao recurso.
Source (Origem)	Referência ao recurso ao qual o objeto é proveniente.
Subject (Assunto)	Tema principal concernente ao conteúdo do recurso. Representado geralmente por palavras-chaves, frases-chave, códigos de classificação, dentre outros.
Title (Título)	Nome formal fornecido ao recurso.
Type (Tipo)	Natureza ou gênero do recurso, podendo ser texto, áudio, vídeo, etc.

Fonte: elaborado pelo autor.

Atualmente, esforços relacionados à integração do Dublin Core com a linguagem RDF da Web Semântica são uma realidade. As comunidades DCMI e Web Semântica focam na conversão de formato de metadado para vocabulário de metadado, isto é, uma coleção de propriedades definidas cuidadosamente para fins de uso na concepção de sentenças descritivas sobre recursos (também denominada *namespaces*, conforme foi elucidado na seção 3.3.3). Tais mudanças refletiram na introdução da noção de Qualificadores Dublin Core (*Qualified Dublin Core*, em inglês) com a finalidade de refinamento acerca dos recursos descritos (ISQ, 2010).

Os Qualificadores do padrão são organizados em duas classes, a saber: i) *elementos de refinamento*; e ii) *esquemas de codificação*. A primeira adiciona especificidade para o elemento a ser refinado, como, por exemplo, o elemento *data* seria desmembrado em *criação*, *validade*, *modificação*, etc.; a segunda fornece restrições nos valores a serem destinados aos elementos do padrão por meio de vocabulários controlados, por exemplo. Ressalta-se que a utilização desses qualificadores não é obrigatória e possibilita o desenvolvimento de novos qualificadores de acordo com as necessidades de cada aplicação. Salienta-se também que os qualificadores modificados ou adicionados podem não ser entendidos por recursos de outras aplicações pelo fato de serem específicos.

Segundo Hunter e Iannella (1998), o Dublin Core foi projetado especialmente para produção de metadados voltados a documentos textuais. Embora um número considerável de *workshops* tenha sido realizado para discutir e propor soluções voltadas à extensão dos elementos para o contexto de documentos não textuais, a ênfase geralmente recai no uso de subelementos e esquemas específicos (os qualificadores do padrão) para dados audiovisuais. Além disso, tais dados são endereçados mais a informação de tipo bibliográfica do que a conteúdo documental.

De modo a endereçar descritores para fornecer uma solução abrangente de cobertura multimídia, uma abordagem híbrida foi proposta (HUNTER e IANNELLA, 1998; HUNTER, MARTÍNEZ e OLTMANS, 2000; HUNTER, 2002a) baseada na combinação de elementos do padrão Dublin Core (qualificados e não qualificados) e do padrão MPEG-7 juntamente com a linguagem RDF¹¹⁹ (e suas extensões). As vantagens da proposta híbrida estariam em: i) possibilitar que máquinas de buscas baseadas em descritores Dublin Core sejam usadas também para buscas em tipos de mídias diversificados; ii) manter a intenção original do Dublin Core em fornecer elementos centrais e métodos seminais de catalogação especializados; iii) mapear catálogos importantes como o US MARC para Dublin Core; e iv) integrar facilmente outros padrões de metadados para conteúdo audiovisual.

3.4 CONTRIBUIÇÕES DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA PARA A TESE

A fundamentação teórica foi essencial para a formação de um arcabouço teórico e conceitual sobre o assunto cerne da pesquisa - representação semântica de documentos multimídia – bem como a estruturação de uma base metodológica interdisciplinar e bem fundamentada para o delineamento de uma proposta de trabalho endereçada aos objetivos traçados nesta tese. Desse modo, as contribuições para a tese são exibidas a seguir.

Os produtos e processos da organização e representação da informação e do conhecimento apresentados e discutidos na **seção 3.1** mostraram a importância histórica e interdisciplinar de disciplinas fundadoras bem como tecnológicas no progresso da área de tratamento da informação. Tais disciplinas, como a representação descritiva, representação temática e modelagem conceitual contribuem sobremaneira com seus princípios teóricos e metodológicos no processo de construção de modelos ontológicos destinados a representar semanticamente documentos de tipo multimídia. Nesse sentido, modelos conceituais ontologicamente bem fundamentados possibilitam a redução da ambiguidade presente em descrições documentais de tipo multimídia.

¹¹⁹ RDF foi projetado para fornecer um *container* para diferentes formatos de metadados. A proposta em questão estaria centrada na inclusão de ambas as descrições Dublin Core e MPEG-7 para o mesmo conteúdo (HUNTER e IANNELLA, 1998).

As teorias e métodos envolvendo ontologias como artefato apresentados na **seção 3.2** foram importantes para o processo de modelagem envolvendo ontologias multimídia, tais como conceituação, compromisso ontológico e abstração da realidade. O modelo ontológico voltado à definição e organização de descritores e descrições abrangentes para o domínio multimídia pode ser concebido com maior qualidade por meio de princípios interdisciplinares oriundos da CI, da CC e áreas correlatas. A agregação de esforços científicos multidisciplinares visa apoiar e melhorar processos voltados ao atendimento às necessidades informacionais dos usuários que fazem uso de sistemas de informação cada vez mais sofisticados.

Finalmente, o modelo de anotação por meio de ontologias elucidado na **seção 3.3** juntamente com sua fundamentação alicerçada na Web Semântica e em tecnologias afins forneceu um arcabouço conceitual importante ao entendimento de um assunto emergente envolvendo ontologias multimídia. Os padrões de metadados multimídia selecionados como referência à descrição de documentos desta natureza – MPEG-7 e Dublin Core - foram fundamentais para o delineamento de uma especificação de requisitos abrangente e consolidada em padrões internacionais para a operacionalização das atividades envolvendo a pesquisa, a saber: i) identificação e seleção de ontologias multimídia; ii) análise individual e comparativa das ontologias multimídia selecionadas; e iii) proposta de modelagem conceitual envolvendo as ontologias multimídia estudadas. Tais atividades são elucidadas no capítulo seguinte envolvendo a metodologia de pesquisa.

4- METODOLOGIA DE PESQUISA

Este capítulo se propõe a fornecer uma explanação sobre os fundamentos metodológicos empregados no delineamento da pesquisa. A seção 4.1 visa posicionar teoricamente a pesquisa-tese frente ao tipo de abordagem em relação ao problema, objetivos e procedimentos técnicos utilizados em seu desenvolvimento, além da forma como foi conduzida a investigação nas bases de dados de documentos científicos adequadas à delimitação teórica e empírica da tese. A seção 4.2, por sua vez, descreve o percurso metodológico para o alcance do objetivo geral da tese.

4.1 FUNDAMENTOS DA PESQUISA

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. Desse modo, a presente pesquisa pode ser classificada segundo seu problema, seus objetivos e seus procedimentos técnicos para coleta e análise dos dados (GIL, 2002; DEMO, 1996; MARCONI e LAKATOS, 2010; CERVO e BERVIAN, 2002).

Com base na abordagem do *problema*, esta pesquisa pode ser classificada como **qualitativa e quantitativa**. No primeiro caso, 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. No segundo caso, há a necessidade de se usar formatos numéricos para mensurações de critérios avaliativos frente a análises de ontologias, as quais são pontuadas e classificadas por métodos estatísticos.

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.

O primeiro ponto a considerar numa pesquisa científica é o levantamento bibliográfico e o estudo inicial das teorias que circundam o problema de modo a fornecer sustentabilidade teórica à pesquisa. Nesse sentido, o levantamento dos principais assuntos envolvidos nos permite estabelecer um recorte temático nas áreas envolvidas na investigação. Feito isso, a revisão de literatura ou o estudo do estado da arte nos leva a situação do conhecimento atual sobre o problema ou tema-chave da pesquisa.

O cerne desta pesquisa está localizado na temática *organização e representação do conhecimento em sistemas de informação*. A representação do conhecimento tem sido tratada como objeto de estudos em diferentes campos do conhecimento. Esta pesquisa está concentrada em alguns desses campos, dentre os quais podemos destacar a ciência da informação e a ciência da computação.

Para a identificação de documentos nos campos da CI e da CC, foram consultadas bases de dados de documentos científicos no portal de periódicos da Capes¹²⁰ e na biblioteca digital CiteSeer¹²¹. Esta última proporciona análises estatísticas das citações para todos os documentos do repositório, o que possibilita ao pesquisador tomar conhecimento da opinião dos pares em relação ao artigo em questão e, em consequência, de sua aceitação pela comunidade. No que diz respeito ao portal de periódicos da Capes, as editoras consultadas foram: i) *Association Computing Machinery*, conhecida como portal ACM; ii) *Journal Multimedia Tools and Applications*; iii) *IEEE MultiMedia*; iv) *Journal of signal processing systems for signal, image, and video technology*; e v) *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*. A primeira dissemina literatura de diversas áreas da CC, destacando a inteligência artificial, área na qual há várias publicações sobre ontologias. A segunda e a terceira disseminam publicações sobre sistemas multimídia e hipermídia, bibliotecas digitais e ciências da Web; além de revisões de literatura sobre ferramentas e aplicações emergentes envolvendo anotações de documentos multimídia com uso de vocabulários semânticos, especialmente ontologias. A quarta e a quinta fornecem informações de cunho tecnológico para processamento de sinais e extração de dados envolvendo imagem, vídeo e áudio; neste caso, a atenção voltou-se a assuntos relacionados à tecnologia MPEG-7, por ser o padrão de metadados multimídia de interesse da pesquisa. Pesquisas também foram realizadas nas revistas classificadas na categoria Qualis tanto da CI quanto da CC, além da Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD¹²²).

Para a recuperação dos documentos nas bases de dados científicas foi empregada a técnica de busca por palavras-chave que refletem o universo do assunto. O propósito foi identificar e selecionar documentos relacionados com o problema da pesquisa, em que os autores procuraram

¹²⁰ <http://www.periodicos.capes.gov.br/>

¹²¹ <http://citeseer.ist.psu.edu>

¹²² <http://bdttd.ibict.br>

resolver o mesmo problema ou um problema semelhante. Esta etapa foi composta de três partes: i) levantamento dos trabalhos relacionados; ii) estudo destes trabalhos e iii) análise dos trabalhos, que resultou em um resumo crítico apontando as características de cada uma das abordagens.

4.2 MODELO ONTOLÓGICO MULTIMÍDIA: PLANO DE CONSTRUÇÃO

Dado que o objetivo geral desta tese é *desenvolver um modelo conceitual baseado em ontologias para o domínio de anotação de documentos multimídia*, fez-se necessária a adoção de um guia metodológico atual, testado e validado em diferentes domínios e áreas. Para a seleção de um guia com tais características, foi necessária uma revisão na literatura da área de engenharia de ontologias. O procedimento permitiu identificar e selecionar a *NeOn Methodology* (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010; ONTOLOGY ENGINEER GROUP, 2010; SUÁREZ-FIGUEROA, GÓMEZ-PÉREZ e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012), advinda de *frameworks* metodológicos amplamente aceitos em áreas maduras como engenharia de software e engenharia do conhecimento (FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e JURISTO, 1997; SILVA, SOUZA e ALMEIDA, 2008). Citam-se áreas e domínios contemplados pelo uso da metodologia *NeOn*, apenas para citar alguns exemplos, na educação (CLEMENTE, RAMÍREZ e ANTONIO, 2011), no turismo (LAMSFUS et al, 2009), em ambientes móveis (POVEDA-VILLALÓN et al, 2010), em iniciativas *Linked Data* (VILCHES-BLÁZQUEZ et al, 2010), e, especialmente, no domínio da descrição de conteúdo multimídia (ATEMEZING, 2011; CENIT BUSCAMEDIA¹²³), foco de interesse desta pesquisa.

A metodologia de engenharia de ontologias *NeOn* abrange nove cenários que sugerem uma série de passos flexíveis para o desenvolvimento de ontologias. Os cenários envolvidos cobrem situações em que ontologias disponíveis em repositórios da Web necessitem, por exemplo, de reengenharia, alinhamento, modularização, localização, suporte em diferentes línguas e culturas, integração com padrões de projeto e recursos não ontológicos, tais como padrões de metadados, tesouros, folksonomias, etc. Outra característica da metodologia é subsidiar o desenvolvimento de redes de ontologias, definidas como uma coleção de ontologias relacionadas entre si através de diferentes relações e correspondências, modularizações e versionamento (SUÁREZ-FIGUEROA, GÓMEZ-PÉREZ e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012). O conhecimento ontológico requerido é introduzido por diferentes pessoas, incluindo especialistas de domínios e ontologistas, em diferentes estágios no processo de desenvolvimento, o que redundaria em repositórios de ontologias na Internet. A filosofia de desenvolvimento colaborativo e argumentativo e de disponibilização distribuída de recursos de conhecimento se aproxima da iniciativa *Linked Data* apresentada na seção 3.3.3.5. Os projetos envolvidos nessa perspectiva buscam ligar semanticamente seus recursos na Web de dados

¹²³ <http://www.cenitbuscamedia.es/index.php/el-proyecto/pt3-ontologia-m3.html>

por meio de atividades como identificação de fontes de conhecimento existentes; modelagem de vocabulários; transformação de dados para o padrão W3C RDF; e ligação destes dados com outras fontes de conhecimento na nuvem.

Nesta tese, a etapa de modelagem de vocabulários multimídia requer um modelo conceitual baseado em ontologias a fim de organizar semanticamente os elementos das ontologias multimídia selecionadas na pesquisa. Neste contexto, Suárez-Figueroa, Gómez-Pérez e Fernández-López (2012) recomendam o quanto possível o reúso de recursos de conhecimento disponíveis para modelar o conhecimento necessário, e, para tal, a *NeOn* oferece um guia capaz de apoiar o ontologista na atividade de criação dos vocabulários necessários. Dentre os nove cenários indicados no guia, conforme elucidados na seção 3.2.4, seis foram selecionados (Cenários 1, 2, 3, 5, 6 e 8) pelo fato de atenderem às expectativas de cumprimento dos objetivos específicos nucleares e do propósito geral da tese, conforme pode ser visualizado no Quadro 7. A terceira coluna do quadro indica a seção para acesso aos procedimentos metodológicos descritos em detalhe de acordo com os objetivos e cenários combinados.

Quadro 7 - Relação entre objetivos geral e específicos da tese e cenários *NeOn*

Objetivos da tese	Uso de cenários <i>NeOn</i>	Seções da tese que refletem o método utilizado
Identificar e selecionar recursos ontológicos e não ontológicos no domínio multimídia.	Cenário 2: reúso e reengenharia de recursos não ontológicos. Cenário 3: reúso de recursos ontológicos.	Seções 4.2.1 e 4.2.2
Analisar e comparar ontologias multimídia à luz de requisitos previamente propostos.	Cenário 3: reúso de recursos ontológicos.	Seção 4.2.3
Selecionar ontologias multimídia adequadas a reúso de recursos de conhecimento destinados à construção do modelo proposto.	Cenários 3 e 5: reúso, alinhamento e combinação de recursos ontológicos.	Seção 4.2.4
Desenvolver um modelo conceitual baseado em ontologias para o domínio de anotação de documentos multimídia.	Cenário 1: especificação dos requisitos; e proposição da conceituação da ontologia. Cenário 6: reengenharia de recursos ontológicos selecionados para reúso. Cenário 8: reestruturação do modelo conceitual para atendimento aos requisitos determinados.	Seção 4.2.4

Fonte: elaborado pela autora.

O processo metodológico, assim como a descrição de seus métodos e técnicas, é elucidado nas seções subsequentes, conforme formalizado no Quadro 7, da seguinte forma: a seção

4.2.1 apresenta os passos que orientaram a composição de requisitos para descrição de documentos multimídia; a seção 4.2.2 apresenta o método usado para identificação e seleção de ontologias multimídia na literatura e em repositórios específicos; a seção 4.2.3 elucida a estratégia metodológica determinada para apoiar a análise, a avaliação e a comparação das ontologias candidatas a reuso; e finalmente a seção 4.2.4 apresenta o percurso metodológico para a proposição do modelo conceitual para descrição de conteúdo multimídia.

4.2.1 Determinação dos requisitos para a descrição multimídia

O primeiro passo foi realizar a atividade de aquisição de conhecimento sobre o assunto “descrição documental de conteúdo multimídia”, a qual envolveu um estudo acerca do domínio por meio de fontes documentais, incluindo normas, artigos e bibliotecas de esquemas XML relacionadas a padrões para descrição de documentos multimídia. O período de desenvolvimento desta atividade compreendeu de outubro a dezembro de 2013.

Os procedimentos metodológicos elucidados nesta seção foram fundamentados no Cenário 2 proposto na metodologia *NeOn*, o qual desmembra-se nas atividades descritas a seguir:

- I. Busca por recursos não ontológicos: encontrar recursos não ontológicos em sítios confiáveis, sítios relacionados ao domínio e recursos dentro de Organizações.
- II. Avaliação do conjunto de recursos não ontológicos candidatos: avaliar os recursos não ontológicos obtidos em (I). Nesta avaliação, os seguintes critérios são recomendados: cobertura, precisão e consenso sobre o conhecimento e a terminologia usada no recurso.
- III. Seleção dos recursos não ontológicos mais apropriados: selecionar os recursos não ontológicos mais apropriados frente aos recursos candidatos avaliados em (II).
- IV. Análise dos recursos não ontológicos selecionados para obtenção de níveis de abstração: analisar minuciosamente os recursos não ontológicos obtidos em (III) e identificar seus elementos subjacentes de modo a criar representações em diferentes níveis de abstração (requisitos, conceitos, dentre outros).
- V. Representação dos recursos não ontológicos em modelos ou esquemas conceituais: gerar um esquema conceitual para fins de organização do conhecimento adquirido por meio de (IV).

Com o apoio do estudo do estado da arte apresentado no capítulo 2 bem como dos fundamentos teóricos apresentados no capítulo 3, os padrões ISO MPEG-7 e Dublin Core foram selecionados como material de referência para aquisição de conhecimento sobre o domínio de

descrição de recursos multimídia. No estado da arte foi possível evidenciar que grande parte das ontologias multimídia é construída com fundamentos advindos do padrão MPEG-7; e, como o padrão Dublin Core constitui-se de 15 elementos reconhecidos, consolidados e amplamente utilizados no contexto de descrição de recursos Web (HUNTER, 2002a) achou-se pertinente considerá-lo no escopo de cobertura de descritores gerais para documentos multimídia.

Para o levantamento de esquemas e descritores audiovisuais do padrão MPEG-7 foram utilizados dois materiais de referência, a saber: i) a especificação de descritores visuais¹²⁴ e de áudio¹²⁵, cuja última atualização até o momento da pesquisa data-se de 2008; e ii) o documento ISO/IEC JTC1/SC29/WG11N6828 (MARTÍNEZ, 2004) que especifica os requisitos do padrão. Observaram-se algumas diferenças envolvendo as duas referências no que diz respeito a descritores inclusos ou omitidos. Considerou-se, sempre, a versão mais recente para a apresentação da especificação dos descritores audiovisuais MPEG-7.

Após a atividade de aquisição de conhecimento sobre o domínio, tornou-se possível determinar um conjunto de elementos de parâmetro que serviram como base para identificar, analisar e comparar ontologias multimídia no aspecto de características concernentes a dois padrões de metadados consolidados nas comunidades de biblioteca digital, Web Semântica e multimídia. Torna-se válido comentar nesse ponto que a especificação de requisitos aqui presente não corresponde, ainda, ao documento resultante da fase de especificação de requisitos orientado em metodologias para construção de ontologias (SILVA, 2008; SUÁREZ-FIGUEROA, GÓMEZ-PÉREZ e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012), o qual inclui o propósito, o escopo, a linguagem de implementação, a intenção de uso, a identificação de usuários finais, e o conjunto de requisitos não funcionais e funcionais (em formato de questões de competência) para a ontologia de domínio a ser construída. Esta fase em específico é elucidada na seção 4.2.4 em que descreve a proposição do modelo conceitual. Finalmente, o produto a que se refere à atividade de aquisição de conhecimento constitui-se das principais características relativas à descrição de recursos multimídia que devem ser inspecionadas nas ontologias multimídia candidatas a compor o modelo a ser proposto na tese.

Os elementos de parâmetro de características multimídia foram determinados pela composição de descritores e esquemas de descrição do MPEG-7¹²⁶ e elementos do Dublin Core¹²⁷. A fonte para identificação e seleção de ferramentas atuais que forneceria apoio para acesso a bibliotecas de esquemas de descrição MPEG-7/XML foi o sítio da IBM¹²⁸, pelo motivo de ser uma instituição de renome e reconhecida por suas práticas tecnológicas no âmbito da indústria multimídia de *software*. No processo de identificação, obteve-se acesso à biblioteca do esquema de

¹²⁴ <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7/visual>

¹²⁵ <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7/audio>

¹²⁶ [xmlns:mpeg7=urn:mpeg:mpeg7:schema:2001](http://www.ibm.com/developerworks/br/library/x-xmltools/)

¹²⁷ <http://dublincore.org/documents/dces/>

¹²⁸ <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/x-xmltools/>

descrição MPEG-7 no sítio da *Stylus Studio*¹²⁹, um ambiente de desenvolvimento integrado¹³⁰ com uma variedade de ferramentas para edição e transformação de documentos XML. Apesar de as licenças de suas ferramentas serem proprietárias (com custo para aquisição permanente do *software*), o acesso às bibliotecas de esquemas XML é gratuito.

A organização dos elementos de parâmetro ocorreu em três categorias de tipos de metadados fundamentados na revisão de literatura realizada no capítulo 3. Tais categorias buscam representar características funcionais relacionadas à cobertura de conhecimento sobre descrição de conteúdo multimídia e são descritas a seguir:

- **Metadados independentes de conteúdo:** os dados não são relacionados diretamente ao conteúdo da mídia, mas associados a esta, como formato, autoria, data, local de acesso, meio de armazenamento, etc.
- **Metadados dependentes de conteúdo:** os dados possuem características primitivas ou de baixo nível extraídas do próprio conteúdo da mídia, como sinais de áudio, cor, textura, forma, relações espaciais, movimento e combinações destes.
- **Metadados descritivos de conteúdo:** os dados são relacionados ao conteúdo semântico envolvendo entidades da mídia com entidades do mundo real ou eventos temporais, emoções e significados associados a sinais audiovisuais e de cenas. Dados relacionados à segmentação de conteúdo multimídia também se adentram nesta categoria.

Na atividade de análise de composição dos descritores MPEG-7 e Dublin Core observou-se uma equivalência semântica entre alguns de seus elementos, conforme é indicado no Quadro 8. A proposta de reengenharia para a união de metadados Dublin Core e MPEG-7 em um mesmo esquema de descrição (HUNTER e IANNELLA, 1998; HUNTER, MARTÍNEZ e OLTMANS, 2000; HUNTER, 2002a) possui algumas vantagens, conforme foram apresentadas na seção 3.3.4.2. No entanto, Hunter (2002a) esclarece que o mapeamento¹³¹ entre os elementos Dublin Core e descritores MPEG-7 é uma tarefa complexa pelo fato de não haver sempre uma correspondência um para um entre os dados envolvidos nos dois padrões. Muitos dos descritores MPEG-7 encontram-se dispersos, duplicados e em nível baixo (elementos bem detalhados) dentro da estrutura hierárquica dos vários esquemas de descrição pertencentes ao padrão, tornando, portanto, a terminologia não muito intuitiva. No Quadro 8 pode-se perceber que o descritor MPEG-7 *Identifier* aparece em mais de um esquema de descrição do padrão. O descritor MPEG-7 *Creator* representa ao mesmo tempo os elementos Dublin Core *Contributor*, *Creator* e *Publisher*. O descritor *Language* também aparece em várias localizações MPEG-7.

¹²⁹ <http://schemas.stylusstudio.com/mpeg7/frames.html>

¹³⁰ do inglês, *Integrated Development Environment* - IDE

¹³¹ Para maiores informações consultar Hunter, Martínez e Oltmans (2000).

Quadro 8 - Equivalência semântica entre descritores Dublin Core e MPEG-7

Elemento Dublin Core	Esquema de Descrição -> Descritor MPEG-7
Contributor	CreationInformation/Creation -> Creator
Coverage	SemanticBase -> Time SemanticBase -> Place
Creator	CreationInformation/Creation -> Creator
Date	CreationInformation/Creation/CreationCoordinates ->Date UsageInformation/Availability ->AvailabilityPeriod
Description	CreationInformation/Creation ->Abstract
Format	MediaInformation/MediaProfile/MediaFormat ->FileFormat
Identifier	MediaInformation/MediaIdentification ->EntityIdentifier MediaInformation/MediaProfile/MediaInstance -> InstanceIdentifier MediaInformation/MediaProfile/MediaInstance/MediaLocator->MediaUri
Language	CreationInformation/Classification ->Language CreationInformation/Classification ->CaptionLanguage
Publisher	CreationInformation/Creation -> Creator UsageInformation/Availability ->Disseminator
Relation	CreationInformation/RelatedMaterial/MediaLocator ->MediaUri MediaInformation/MediaProfile/MediaInstance/MediaLocator ->MediaUri
Rights	CreationInformation/Creation -> CopyrightString UsageInformation/Rights -> RightsID
Source	MediaInformation/MediaIdentification ->EntityIdentifier MediaInformation/MediaProfile/MediaInstance/MediaLocator->MediaUri
Subject	CreationInformation/Classification ->Subject
Title	CreationInformation/Creation -> Title
Type	CreationInformation/Classification ->Genre

Fonte: adaptado de Hunter (2002a).

Partindo-se da referência da proposta híbrida de Hunter (2002a) e de modo a realizar a composição de descritores Dublin Core e MPEG-7 no sentido de determinar os elementos de parâmetro desta pesquisa, os seguintes aspectos foram considerados: os elementos Dublin Core formariam a base para descrições genéricas sobre recursos multimídia, ou mesmo bibliográficas, classificando-se, portanto, na categoria de metadados independentes de conteúdo; enquanto que os descritores MPEG-7 estariam mais voltados à definição de aspectos estruturais, temporais, espaciais, de características de baixo nível e de conteúdo semântico dos elementos constituintes, classificando-se nas outras duas categorias de metadados. Desse modo, partiu-se do princípio de que a interoperabilidade acerca de elementos Dublin Core e de descritores MPEG-7 seria mantida pelas descrições multimídia contidas na proposta de elementos de parâmetro, possibilitando às aplicações externas que lidam com metadados de ambos os padrões projetarem consultas envolvendo os descritores. Contudo, as mesmas descrições não sustentariam a mesma interoperabilidade, por exemplo, em ambientes que lidam com descrições exclusivas de um desses padrões.

No processo de elaboração dos requisitos, quando observada uma relação um para um entre os elementos Dublin Core e MPEG-7 (com terminologias distintas), optou-se por selecionar ambos os descritores de modo a ampliar o universo de ontologias multimídia recuperadas por meio de termos-chave indicados nas buscas em repositórios Web. E, quando observada uma relação de um descritor Dublin Core para muitos descritores MPEG-7, optou-se em adotar como termo

equivalente um elemento MPEG-7 mais próximo ao Dublin Core. Desse modo, justificou-se a escolha dos dois padrões de metadados (recursos não ontológicos) para a composição de requisitos endereçados a descrição multimídia.

É válido ressaltar que a terminologia representativa dos elementos de parâmetro foi determinada no idioma inglês. O motivo seria pelo fato de esta linguagem ser universal, e de grande parte dos vocabulários multimídia (padrões de metadados e ontologias) disponíveis em repositórios Web encontrarem-se neste idioma.

Para cada categoria de metadados (independentes de conteúdo, dependentes de conteúdo e descritivos de conteúdo), foi elaborado um quadro para coleta e organização dos elementos de parâmetro (exibidos em detalhe no Apêndice A), primordiais aos processos de identificação, de análise e de comparação de ontologias no domínio multimídia. Para cada quadro, as subcategorias envolvidas foram determinadas a partir da revisão de literatura realizada sobre o padrão de metadados MPEG-7 (exibida na seção 3.3.4.1). Os elementos indicados na coluna “Elemento”, suas descrições e elementos equivalentes (específica para a categoria metadados independentes de conteúdo) foram determinados a partir de conhecimento teórico, obtido por meio da leitura de documentos científicos e normativos, e de conhecimento empírico, obtido a partir da análise dos esquemas de descrição envolvidos.

Os elementos de parâmetro relacionados à categoria *metadados independentes de conteúdo*, especializados na subcategoria *metadados administrativos* para gerenciamento e administração de recursos informacionais (GILLILAND-SWETLAND, 2000), foram organizados em quatro tipos de descrição, a saber: i) *criação e produção da mídia*; ii) *classificação da mídia*; iii) *informação da mídia*; e iv) *uso da mídia*. Em (i) têm-se características envolvendo a criação do conteúdo da mídia e de recursos a ele associados; em (ii) têm-se características destinadas à classificação de materiais audiovisual, tais como gênero, assunto, propósito, idioma, além de classificação etária, orientação para pais e avaliação subjetiva; em (iii) as características são voltadas ao meios de armazenamento incluindo formato, compressão e codificação do conteúdo audiovisual; e em (iv) as características refletem direitos de uso, registro e disponibilidade de uso e informação financeira acerca do conteúdo audiovisual.

Os elementos de parâmetro pertencentes à categoria *metadados dependentes de conteúdo* foram organizados nas subcategorias *metadados visuais* e *metadados para áudio*. Os metadados visuais abrangeram as características *estruturas básicas*, *cor*, *textura*, *forma*, *movimento*, *localização* e *reconhecimento de rosto*. Os metadados para áudio contemplaram as características *base espectral*, *timbre espectral*, *timbre temporal*, *paramétricos de sinal*, *espectral básico* e *básico*. A elucidação das características visuais bem como de áudio podem ser consultadas, respectivamente, nas seções 3.3.4.1.2 e 3.3.4.1.3.

Os elementos de parâmetro voltados à categoria *metadados descritivos de conteúdo* foram classificados em quatro subcategorias de metadados, a saber: i) *segmentos de mídia*; ii) *semântica de conteúdo*; iii) *personalização de conteúdo*; e iv) *características de alto nível envolvendo áudio*. Em (i) têm-se características relacionadas à estrutura de conteúdo em termos de segmentos de vídeo e segmentos de áudio; em (ii) encontram-se características envolvendo objetos, eventos e noções do mundo real que podem ser abstraídos do conteúdo multimídia; em (iii) agregam características de modos de personalização de conteúdo multimídia a fim de facilitar navegação, acesso e interação de usuários em relação ao consumo de conteúdo; e em (iv) têm-se características voltadas à cobertura de domínios de conhecimento específicos envolvendo áudio.

Finalmente, a estratégia de recorte para coleta e análise de elementos MPEG-7 (esquemas e descritores) foi determinada a partir dos elementos de níveis mais altos explicitados nas estruturas dos esquemas. No caso específico de descritores de áudio e visuais, todos os elementos elucidados na norma foram considerados na composição de requisitos. A justificativa para a seleção de elementos mais genéricos nas estruturas dos esquemas é que se considerou inviável em relação a tempo hábil de pesquisa a análise de seus mais de 1000 elementos; por outro lado, considerou-se viável em termos de aquisição de conhecimento abrangente sobre o domínio da descrição multimídia. Tal posicionamento vai ao encontro do método dedutivo proposto por Ranganathan e outros teóricos da teoria da classificação (RANGANATHAN, 1967; DAHLBERG, 1976; VICKERY, 1980, BARITE, 2000; JACOB, 2004), no qual se considera primeiro o domínio para depois fazer o tratamento dos elementos que compõem tal domínio.

4.2.2 Identificação e seleção de ontologias multimídia candidatas a reuso

Sabendo que o processo de construção do modelo conceitual desta tese busca incorporar elementos de pesquisas já realizadas, a estratégia de reuso de recursos ontológicos multimídia foi levada em consideração. Para operacionalizar tal estratégia, a atividade (I) – *busca por ontologia* - do *Cenário 3* da *NeOn* se propõe a: buscar, em repositórios da Web Semântica, por recursos ontológicos candidatos que satisfaçam aos requisitos da ontologia a ser construída ou aprimorada. O guia recomenda a utilização de máquinas de busca indicadas pelo W3C. Desse modo, os passos seguintes foram delineados para a identificação e seleção de ontologias candidatas a reuso: i) levantamento na literatura; ii) busca em bibliotecas e repositórios através da utilização de máquinas de busca da Web Semântica (*Semantic Web Search Engine*); e iii) formatação de uma lista unificada contendo ontologias oriundas das duas formas de identificação. A presente seção está organizada como se segue.

A seção 4.2.2.1 descreve os procedimentos metodológicos usados para a identificação de ontologias multimídia na literatura. A seção 4.2.2.2 descreve a estratégia metodológica para a

escolha das máquinas de busca na Web Semântica e o modo como foi realizada a busca para a identificação e a seleção de ontologias multimídia por meio destas. E a seção 4.2.2.3 relata as considerações sobre a experiência nas buscas traçadas e seleções resultantes. Optou-se em produzir duas listas de ontologias multimídia para análise de seus conteúdos (uma a partir do estudo do estado da arte, e outra a partir dos resultados das buscas em repositórios Web) na intenção de se obter um universo ampliado de recursos ontológicos multimídia, bem como coletar informações sobre campos cobertos, autores, projetos e linguagens de implementação utilizadas.

4.2.2.1 Identificação de ontologias multimídia na literatura

A partir do conhecimento obtido no estudo do estado da arte, apresentado no capítulo 2, foi possível efetuar um mapeamento de ontologias multimídia na literatura. Desse modo, foi formatada uma lista de ontologias multimídia apresentada no Quadro 9.

O critério usado para a seleção de ontologias multimídia na literatura se baseou no conceito de “multimídia”, contextualizado na fundamentação teórica da tese, seção 3.3.1, que reflete um documento composto de vários tipos de modalidades, como vídeo, áudio, audiovisual, texto, imagem, entre outros. Outro princípio adotado para o critério de seleção foi o de seguir diretrizes relevantes na literatura (DASIOPOULOU et al., 2010; SUÁREZ-FIGUEROA, ATEMEZING e CORCHO, 2013) e recomendadas pelo padrão de metadados MPEG-7 no aspecto de descrição multimídia, envolvendo: i) descrições no assunto expressando a semântica transmitida; ii) descrições estruturais permitindo a decomposição e localização das partes de conteúdo; e iii) descrições de baixo nível cobrindo características de áudio e visuais. Desse modo, ontologias com escopo de cobertura exclusiva para uma modalidade ou com características limitadas em relação ao padrão MPEG-7 não foram selecionadas na pesquisa, como ocorreu para *Music Ontology* (música); VRA, EXIF e DIG35 (imagem estática); e VDO do projeto aceMedia (abordagem visual).

Quadro 9 - Mapeamento de ontologias multimídia na literatura

Ontologias multimídia	Ano da proposta	Autores	Escopo coberto	Linguagem	Recurso não ontológico
Hunter	2001	Jane Hunter	Áudio, audiovisual, imagem, multimídia, vídeo.	OWL Full	Padrão MPEG-7
Tsinarakis	2004	Chrisa Tsinarakis, Panagiotis Polydoros e Stavros Christodoulakis.	Audiovisual	OWL DL	Padrão MPEG-7
Isaac e Troncy	2004	Antoine Isaac e Raphael Troncy.	Audiovisual	OWL	Padrões MPEG-7, TV Anytime e ProgramGuideML.
Rhizomik	2005	Roberto García e Oscar Celma.	Audiovisual	OWL DL	Padrão MPEG-7
COMM	2007	Richard Arndt e colegas.	Áudio, vídeo, notícias, imagem, multimídia.	OWL DL	Padrão MPEG-7
MCO e MDO Boemie	2008	Stamatia Dasiopoulou e colegas	Áudio, vídeo, texto, imagem, audiovisual, multimídia.	OWL DL	Padrão MPEG-7
Media Ontology	2009	Florian Stegmaier e colegas.	Áudio, vídeo, imagem.	OWL DL	Formatos de metadados multimídia (Dublin Core, MPEG-7, dentre outros.).
Multimedia Metadata Ontology (M3O)	2009	Carsten Saatho e Ansgar Scherp.	Imagem, vídeo, texto, áudio, multimídia.	OWL	Padrão de metadado EXIF.
M3 Multimedia	2011	Parceiros do projeto Buscamedia.	Imagem, vídeo, texto, áudio, multimídia.	OWL	-

Fonte: elaborado pela autora.

O Quadro 9 apresenta as ontologias multimídia em ordem cronológica de criação da proposta, seus autores, escopo de cobertura, linguagem de implementação e utilização de recurso não ontológico para a sua concepção. Destaca-se que o padrão de metadados multimídia MPEG-7 fundamenta a maioria das ontologias identificadas na literatura, comprovando ser um padrão multimídia relevante no processo de construção de ontologias para este domínio.

O segundo passo foi identificar os *Links* (URIs/URLs) juntamente com as fontes documentais que apoiassem o acesso ao código (esquema de representação: RDF, RDFS, OWL, etc.) para cada ontologia relacionada no Quadro 9. Os *Links* foram identificados na maioria dos casos na própria literatura, ou por contato por e-mail com autores; já os documentos de referência sobre a ontologia foram inspecionados de acordo com as referências indicadas na revisão de literatura realizada no estudo do estado da arte.

O Quadro 10 relaciona as ontologias multimídia selecionadas na literatura no formato de título do documento e de *link* de acesso.

Quadro 10 - Lista I: ontologias multimídia selecionadas na literatura

Ref.	Ontologias multimídia	Referências	Links
1	Hunter	Adding Multimedia to the Semantic Web - Building an MPEG-7 Ontology	http://metadata.net/mpeg7/mpeg7.owl (Acesso online indisponível)
2	Tsinarakis	Interoperability support for Ontology-based Video Retrieval Applications	http://www.music.tuc.gr/TR/OWL-MPEG7.zip http://elikonas.ced.tuc.gr/ontologies/av_semantics.zip (Acesso online indisponível)
3	Isaac e Troncy	Designing and Using an Audio-Visual Description Core Ontology	http://opales.ina.fr/public/ontologies/coront/ (Acesso online indisponível)
4	Rhizomik	Semantic Integration and Retrieval of Multimedia Metadata	http://rhizomik.net/html/ontologies/mpeg7ontos/ (Versão 2005)
5	COMM	COMM: a Core Ontology for Multimedia Annotation	http://multimedia.semanticweb.org/COMM/ (Versão 2007)
6	MCO e MDO Boemie	Semantic Representation of Multimedia Content	http://mklab.itit.gr/project/boemieontology (Versão 2008)
7	Media Ontology	How to Align Media Metadata Schemas? Design and Implementation of the Media Ontology	http://www.w3.org/TR/mediaont-10/ (versão 2013)
8	Multimedia Metadata Ontology (M3O)	Unlocking the Semantics of Multimedia Presentations in the Web with the Multimedia Metadata Ontology	http://m3o.semantic-multimedia.org/ (versão 2009 e 2010)
9	M3 Multimedia	Analyzing and Ranking Multimedia Ontologies for their Reuse	http://buscamedia.isoco.net/m3repository/M3OntologyNetwork/owl/doc/index.html (Versão 2012)

Fonte: elaborado pela autora.

O terceiro e último passo foi verificar em cada *link* a disponibilidade da ontologia. Tal verificação culminou num *download* prévio e na abertura do arquivo OWL em um editor de texto. Em relação à disponibilidade, a qual foi averiguada no período de janeiro de 2014, houve dificuldades no acesso *online* de algumas ontologias indicadas no Quadro 10, o que pode indicar que estas fazem parte de projetos interrompidos ou abandonados. Para as referências (coluna Ref.)

1, 2 e 3 não se conseguiu o acesso ao código de suas representações. Para as demais referências (de 4 a 9), o acesso foi bem sucedido, sendo que algumas se encontravam disponíveis de forma compactada para *download* e outras acessíveis para visualização no próprio repositório. Foram assinaladas as versões mais recentes para uma inspeção atual sobre o conteúdo dessas ontologias.

4.2.2.2 Identificação de ontologias multimídia em repositórios Web

Os termos-chave determinados para a busca de documentos semânticos foram extraídos dos elementos de parâmetro trabalhados na atividade de aquisição de conhecimento. Esta atividade de busca é baseada na proposta do Cenário 3 da *NeOn*, a qual propõe buscar por ontologias candidatas que satisfaçam aos requisitos da ontologia a ser construída. A metodologia recomenda o uso de máquinas de busca para a recuperação de ontologias em repositórios da Web Semântica, tais como Hakia, Kngine, Kosmix, Powerset, DuckDuckGo, Sensebot, Swoogle, Falcons e Watson (SUDEEPTHI, ANURADHA e BABU, 2012). A busca semântica melhora a precisão da pesquisa aos dados modelados em RDF ou OWL (HILDEBRAND et al., 2010), promovendo resultados mais relevantes e inteligentes frente a consultas especificadas por palavras-chave ou por outros recursos. A metodologia *NeOn* indica a partir de experiências em projetos e validações de uso, e dentre as opções listadas pela comunidade *Linked Open Data*¹³², as máquinas de busca Watson¹³³ e Swoogle¹³⁴, descritas brevemente a seguir.

O Swoogle (SUDEEPTHI, ANURADHA e BABU, 2012; DING et al., 2005) é um sistema de indexação e recuperação baseado em rastreador (conhecido como *crawler*) para documentos codificados em RDF e OWL na Web Semântica. Os documentos, ou ontologias, descobertos pelo Swoogle são analisados por meio de propriedades de metadados e classificados por ordem de importância (inspirado nos algoritmos clássicos de *ranking models* de máquinas de busca da Web) no que diz respeito à popularidade da ontologia bem como à qualidade do dado. Uma característica em destaque para este mecanismo de busca semântica é o tratamento exclusivo de relações declaradas de forma explícita, não considerando, por exemplo, relações de equivalência, inclusões e versões. Desse modo, não há verificação sintática ou semântica para a duplicação de ontologias. Por conseguinte, é comum encontrar a mesma ontologia várias vezes com diferentes medidas de classificação numa resposta de busca.

O Watson (SUDEEPTHI, ANURADHA e BABU, 2012; D'AQUIN, 2008) é um sistema endereçado à recuperação de documentos constituídos por princípios da Web Semântica, especialmente ontologias, fornecendo relações explícitas e implícitas entre elas. Nesse sentido,

¹³² <http://esw.w3.org/topic/TaskForces/CommunityProjects/LinkingOpenData/SemanticWebSearchEngines>

¹³³ <http://watson.kmi.open.ac.uk/WatsonWUI/>

¹³⁴ <http://swoogle.umbc.edu/>

pessoas e aplicativos podem descobrir e reutilizar ontologias e dados semânticos para projetos específicos por meio do Watson *online* ou do Watson *plug-in* disponível para editores de ontologias. Atualmente, existem *plug-ins* para *Protégé*¹³⁵ e *The NeOn Toolkit*¹³⁶.

Seguindo a recomendação da *NeOn* e tomando conhecimento de máquinas de busca orientadas a ontologias, optou-se em selecionar o Swoogle e o Watson *online* como ferramenta na atividade de busca de ontologias multimídia em repositórios da Web Semântica. Para cada categoria de metadados envolvida nos elementos de parâmetro (administrativos, visuais, de áudio, segmentos de mídia, semântica de conteúdo, personalização de conteúdo e características de alto nível envolvendo áudio) foram selecionados termos presentes que poderiam servir de âncora para a recuperação de ontologias multimídia. A relação dos termos para cada categoria juntamente com o resultado da busca envolvendo as duas máquinas em questão pode ser visualizada no Apêndice B.

A cobertura da ontologia identificada foi verificada através da abertura de seu código e da busca por termos como “multimedia”, “audio”, “video”, “text”, “image”. O processo foi mais trabalhoso do que nas ontologias selecionadas na literatura devido ao fato de a inspeção ser realizada no código RDF/OWL e não diretamente no documento de referência. A atividade de busca consumiu tempo, especificamente 36 horas distribuídas em três dias de trabalho, uma vez que as tarefas de identificação da ontologia e análise breve de seu conteúdo foram realizadas manualmente. A análise de conteúdo das ontologias identificadas foi realizada por meio do próprio navegador Web, do editor Protégé 4.3 e, em casos específicos, do recurso *OWLDoc*¹³⁷, em que permite uma navegação taxonômica sobre as classes envolvidas.

Baseando-se nos resultados de busca, o Swoogle teve um melhor desempenho do que o Watson no que diz respeito ao número total de documentos recuperados para um termo-chave específico, conforme pode ser conferido no Apêndice B. Os documentos listados pela máquina Watson, quando recuperados, eram em sua maioria pouco representativos para o interesse da pesquisa. Desse modo, o Swoogle, nesta pesquisa e para o domínio multimídia, adequou-se melhor aos requisitos propostos.

No Swoogle, os documentos relacionados nas páginas encontravam-se em RDF, RDFS, DAML ou OWL. Quando a ontologia encontrava-se em versões diferentes envolvendo OWL e outra linguagem de camada inferior (RDFS, por exemplo), optou-se pelo primeiro caso devido à tendência de atualização de seu conteúdo. Alguns inconvenientes foram evidenciados, dentre eles destacam-se: i) margem à duplicação de URIs pelos motivos anteriormente expostos; e ii) bloqueio de URL. Necessitou-se, assim, elaborar uma atividade de filtragem nas páginas, levando-se em consideração que nas 10 primeiras páginas encontravam-se as ontologias melhores classificadas.

¹³⁵ <http://protege.stanford.edu>

¹³⁶ <http://neon-toolkit.org>

¹³⁷ <http://buscamedia.isoco.net/m3repository/M3OntologyNetwork/owldoc/index.html>

Quando a URL encontrava-se bloqueada, o acesso foi feito por meio de armazenamento em *cache*. Levou-se em consideração ontologias com escopo de cobertura multimídia, não selecionando, portanto, ontologias de alto nível (a DOLCE, por exemplo, na especificação da ontologia multimídia COMM) e ontologias que cobriam apenas um tipo de mídia (a MOTOOLS, por exemplo, para representação da extração automática de sinais de som). Seguem-se outras observações válidas de serem mencionadas sobre a atividade de busca.

Os termos elencados da categoria *metadados administrativos* cujos *namespaces* são oriundos dos padrões MPEG-7 e Dublin Core foram adicionados nas consultas a fim de se obter ontologias multimídia que contemplassem descritores, nessa categoria, para ambos os padrões. No caso dos descritores Dublin Core, o termo “multimedia” foi combinado no momento da consulta a fim de refinar a pesquisa. O mesmo não precisou ser feito para os descritores MPEG-7 em função de este padrão ser subjacente ao domínio multimídia. Foram recuperadas várias ontologias que descrevem características bibliográficas para mídias e que, por isso, fazem uso de elementos Dublin Core, entretanto constatou-se que para o domínio multimídia o padrão MPEG-7 é o mais utilizado.

Os termos envolvidos na categoria *metadados para semântica de conteúdo* precisaram ser combinados com o termo “multimedia” como forma de restringir a busca por ontologias no domínio multimídia. Por se tratar de termos abstratos (event, object, time, etc.), o resultado da busca poderia contemplar ontologias de alto nível, as quais lidam com esse tipo de terminologia. Por exemplo, o termo “event” sozinho retornou 5150 documentos no Swoogle; e 1809 no Watson.

Finalmente, o Quadro 11 apresenta as ontologias multimídia identificadas em repositórios Web com suas últimas versões e modos de acesso assinalados (extraídos das propriedades de metadados ofertadas pela máquina de busca).

Quadro 11 - Lista II: ontologias multimídia selecionadas em repositórios Web

Ref.	Ontologias multimídia	Links
1	Tsinaraki	http://elikonas.ced.tuc.gr/ontologies/AVSem03/av_semantics (versão2005; acesso por cache)
2	Rhizomik	http://rhizomik.net/ontologies/2005/03/Mpeg7-2001.owl (versão 2005)
3	SmartWeb	http://www.smartweb-project.de/ontology/swinto0.3.1.rdfs (versão 2006)
4	Morpheus	http://morpheus.cs.umbc.edu/aks1/ontosem.owl (versão 2005)
5	Hunter	http://metadata.net/mpeg7/mpeg7.owl (versão2006; acesso por cache)
6	Mindswap	http://www.mindswap.org/~glapizco/technical.owl (versão2006; acesso por cache)
7	Medialab	http://medialab.pa.icar.cnr.it/ontologies/mmstructure-2006-06.owl (versão2007; acesso por cache)
8	Polysema	http://polysema.di.uoa.gr/ont/mds.owl (versão 2007)
9	MPEG-7 ontology	http://maenad.dstc.edu.au/slittle/mpeg7.owl (versão 2005; acesso por cache)
10	AKT ontology	http://www.aktors.org/ontology/portal (versão 2004)
11	MarcOnt	http://www.marcont.org/ontology/marcont.owl (versão 2005; acesso por cache)
12	HiSTEMM	http://www.historiographus.org/owl/histemmm.owl (versão 2008; acesso por cache)

Fonte: elaborado pela autora.

4.2.2.3 Unificação das listas de ontologias e considerações sobre a seleção

Esta seção apresenta a junção das duas listas (Quadro 10 e Quadro 11) concebidas na etapa de identificação e seleção de ontologias multimídia candidatas a reuso. As atividades de busca na literatura e em repositórios Web resultaram, num primeiro momento, em 17 ontologias multimídia a serem analisadas e avaliadas frente aos requisitos pré-determinados na pesquisa. Algumas considerações sobre o processo de seleção de ontologias multimídia são feitas abaixo.

No processo de busca por ontologias multimídia nas máquinas da Web Semântica, percebeu-se que ontologias importantes neste domínio, mediante garantia literária, não foram recuperadas por este recurso. São os casos da *COMM*, da *Media Ontology*, da *M3O*, da *M3 Multimedia* e as duas do *projeto Boemie*. Por outro lado, foram selecionadas ontologias multimídia no Swoogle que não foram identificadas no estudo do estado da arte. São os casos da *HiSTEMM*, da *Medialab*, da *Polysema*, da *SmartWeb*, da *Mindswap*, da *Morpheus*, da *MPEG-7 ontology*, da *MarcOnt* e da *AKT ontology*. Pressupõe-se que tais ontologias sejam oriundas de projetos de base tecnológica no âmbito da indústria, sem pretensões de disseminação na comunidade científica, mas que podem vir a ser úteis na atividade de reuso. As ontologias multimídia que apareceram em ambas as listas foram a de *Hunter*, a *Tsinaraki* e a *Rhizomik*. Por fim, a ontologia de Isaac e Troncy identificada na literatura não foi localizada pelo *link* indicado por meio desta; e não foi recuperada pelas máquinas de busca envolvidas. Considerações acerca da tentativa de abertura das ontologias no editor Protégé, visualização de anomalias em suas estruturas, e ontologias fora do escopo proposto na tese também devem ser destacadas no sentido de justificar a exclusão de algumas delas da lista, e outras decisões metodológicas.

Ocorreram erros de sintaxe na tentativa de abertura no Protégé: na *HiSTEMM*; na *Mindswap*; e na *MPEG-7 ontology*. Foram excluídas, portanto, da lista unificada por não oferecerem segurança na análise para reuso. Apesar de as ontologias *Medialab*, *Morpheus* e *AKT ontology* terem sido identificadas pelo Swoogle, observou-se com mais atenção no Protégé que as suas características não eram suficientes para serem classificadas no escopo multimídia. Decidiu-se, então, excluí-las da lista. Alguns problemas relacionados ao elemento OWL *imports* foram identificados em ontologias obtidas em *cache* pelo Swoogle, como é o caso da *Tsinaraki* e *MarcOnt*, em que alguns recursos ontológicos importados não estavam acessíveis *online*. A decisão metodológica foi contactar seus autores a fim de solicitar versões atualizadas das ontologias que poderiam ser abertas no Protégé¹³⁸ em um servidor local. Apenas uma dessas ontologias foi enviada por um autor (*Tsinaraki*), entretanto não se conseguiu resolver impasses técnicos relacionados à

¹³⁸ Não havia outra opção de acesso destinado à análise de suas estruturas se não por um editor de ontologias.

abertura de sua estrutura no editor. Apesar de a ontologia de Hunter ter sido obtida também por *cache*, não se observou problema na abertura de sua estrutura pelo Protégé.

Finalmente, após um processo de refinamento frente às 17 ontologias previamente selecionadas para análise, uma lista unificada de 9 ontologias é apresentada no Quadro 12 em ordem cronológica de suas versões, informando o nome da ontologia, o *link* de acesso (com última versão e forma de acesso) e características de cobertura.

Quadro 12 - Lista unificada: ontologias multimídia candidatas a reúso

Ref.	Ontologias multimídia	Links	Cobertura
1	Media Ontology	http://www.w3.org/TR/mediaont-10/ (versão 2013)	Áudio, vídeo, imagem.
2	M3 Multimedia	http://buscamedia.isoco.net/m3repository/M3OntologyNetwork/owl/doc/index.html (versão 2012)	Imagem, vídeo, texto, áudio, multimídia.
3	M3O	http://m3o.semantic-multimedia.org/ (versão 2010)	Imagem, vídeo, texto, áudio, multimídia.
4	MCO e MDO Boemie	http://mklab.itl.gr/project/boemieontology (Versão 2008)	Áudio, vídeo, texto, imagem, audiovisual, multimídia.
5	COMM	http://multimedia.semanticweb.org/COMM/ (versão 2007)	Áudio, vídeo, notícias, imagem, multimídia.
6	Polysema	http://polysema.di.uoa.gr/ont/mds.owl (versão 2007)	Áudio, audiovisual, imagem, multimídia, vídeo.
7	Hunter	http://metadata.net/mpeg7/mpeg7.owl (versão 2006; acesso por cache)	Áudio, audiovisual, imagem, multimídia, vídeo.
8	SmartWeb	http://www.smartweb-project.de/ontology/swinto0.3.1.rdfs (versão 2006)	Audiovisual
9	Rhizomik	http://rhizomik.net/ontologies/2005/03/Mpeg7-2001.owl (versão 2005)	Audiovisual

Fonte: elaborado pela autora.

Os resultados do processo de busca tanto na literatura quanto em repositórios Web comprovam a importância de um rastreamento amplo, mesmo com os inconvenientes já citados, de modo que se criem caminhos para garantir acesso a ontologias candidatas a reúso em potencial para o domínio.

4.2.3 Análise, avaliação e comparação das ontologias candidatas a reúso

Para a etapa de análise, avaliação e comparação das ontologias identificadas e selecionadas em 4.2.2, as atividades (II) e (III) recomendadas no *Cenário 3* do guia foram executadas com o propósito de se obter um conjunto de ontologias adequadas a reúso a partir de um *ranking* de ontologias multimídia. O guia *NeOn* descreve as atividades como se segue: em (II) - *avaliação de ontologias* - inspeciona-se o conteúdo e a granularidade (nível de detalhe conceitual)

dos recursos ontológicos obtidos na atividade (I) (descrita na seção 4.2.2), de modo a verificar se tais recursos satisfazem os requisitos especificados na etapa de aquisição de conhecimento; e em (III) - *comparação de ontologias* – estabelece-se uma análise comparativa entre os recursos ontológicos avaliados em (II), levando-se em consideração critérios determinados pelo ontologista, tais como clareza no código, qualidade no conteúdo, custo-benefício para reuso, dentre outros.

As atividades (II) e (III) do guia são elucidadas nesta seção da seguinte forma: a seção 4.2.3.1 se incumbe de apresentar os critérios de análise (individual e comparativa) e avaliação das ontologias candidatas, explicitando seus pesos, formas de mensuração e regras pré-concebidas para avaliação; a seção 4.2.3.2 se propõe a elucidar o processo de análise documental e de conteúdo das ontologias, destacando a forma de concepção da *estrutura de análise de requisitos funcionais* endereçada à descoberta da cobertura terminológica frente às ontologias candidatas a reuso. Finalmente, a seção 4.2.3.3 se encarrega de apresentar o método proposto pelo guia *NeOn* para a obtenção da pontuação para cada ontologia candidata a reuso.

4.2.3.1 Critérios de análise e avaliação

Os critérios determinados para analisar e avaliar as ontologias multimídia candidatas são, em sua maioria, oriundos do guia metodológico da *NeOn*, os quais foram originados de casos de uso do guia em diversas experiências de projeto envolvendo desenvolvimento e reuso de ontologias. Outros critérios foram concebidos e adaptados para esta tese, que, em conjunto com os recomendados pelo guia, serviram como fundamento para uma classificação ou *ranking* de ontologias multimídia por meio de pontuação determinada. Os critérios foram organizados em quatro dimensões elucidadas como se segue: i) *custo de reuso*: estimativa de custos relacionados a tempo e a economia necessários ao reuso da ontologia candidata; ii) *esforço para entendimento*: estimativa de esforços necessários para entendimento do conteúdo da ontologia candidata; iii) *esforço para integração*: estimativa de esforços empreendidos para integrar a ontologia candidata à ontologia que está sendo construída; e iv) *confiabilidade*: análise da confiança em relação à ontologia candidata frente a aspectos de tratamento semântico nas declarações (ex. axiomas presentes; recursos de conhecimento utilizados), avaliação (ex. testes disponíveis) e projetos renomados que fazem uso.

O Quadro 13 apresenta os critérios em suas respectivas dimensões, com suas formas de mensuração (col. Valores possíveis) e pesos indicados. O guia metodológico propõe uma fórmula estatística de média ponderada¹³⁹ (elucidada na seção 4.2.3.3) endereçada ao *ranking* de ontologias candidatas a reuso e envolve conceitos como *valores possíveis* e *pesos*. Os *valores*

¹³⁹ Calculada através do somatório das multiplicações entre valores e pesos divididos pelo somatório dos pesos.

possíveis são formas de mensurar cada critério segundo regras pré-determinadas pelo ontologista. Tais regras devem auxiliar a análise objetiva de conteúdo de cada ontologia frente a um determinado critério. Já os pesos são indicados (de 1 a 10) a partir do grau de importância dado ao critério pelo ontologista.

Quadro 13 - Critérios para a avaliação de ontologias multimídia candidatas a reúso

Critérios	Descrição	Valores possíveis	Pesos indicados	
Custo de Reúso				
Custo econômico	Relacionado a acesso e a uso da ontologia candidata, como, por exemplo, licença de uso, custo de aquisição e exploração devem ser levados em consideração.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(-)	9
Tempo requerido	Relacionado a acesso a ontologia candidata, como, por exemplo, gasto de tempo para obtenção de acesso deve ser levado em consideração.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(-)	7
Esforço para entendimento				
Qualidade da documentação	Relacionado à existência de qualquer material usado para descrever a ontologia candidata como, por exemplo, decisões de modelagem. A partir deste material, um não especialista do domínio deve entender o conhecimento representado na ontologia.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Disponibilidade de conhecimento externo	Relacionado à referência de fontes documentais externas em projetos que fazem uso da ontologia candidata e/ou acesso fácil a autores e especialistas.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	7
Clareza no código	Relacionado à facilidade no entendimento e modificação do código; se as entidades contidas no código seguem um padrão, se são claras e coerentes; se existem comentários; e se o código é documentado.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Anotações identificadas na terminologia compatibilizada	Relacionado à existência e à qualidade das anotações realizadas nos elementos da terminologia compatibilizada da ontologia candidata, promovendo informações relevantes sobre os mesmos.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	5
Esforço para integração				
Número de requisitos funcionais cobertos	Relacionado à cobertura terminológica da ontologia candidata frente aos requisitos determinados na pesquisa.	Número natural calculado	(+)	10
Adequação a extração de conhecimento	Relacionado à facilidade de identificação e extração de partes do conhecimento na ontologia candidata a reúso.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	9
Adequação a convenção de nomes	Relacionado à verificação de regras associadas à determinação de nomes (terminologia) dos componentes ontológicos (conceitos, relações, etc.).	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	5
Adequação a linguagem de implementação	Relacionado à verificação da linguagem que representa os componentes da ontologia candidata, isto é, se se trata de uma linguagem compatível à almejada para representar conhecimento similar e com a mesma granularidade.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	7
Confiabilidade				
Disponibilidade de testes	Relacionado à disponibilidade de testes para a ontologia candidata a reúso.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Avaliação de testes	Relacionado à existência de um conjunto de unidades de testes usado na avaliação da ontologia candidata.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Reputação do time de desenvolvimento	Relacionado à reputação da equipe de desenvolvimento da ontologia candidata.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Confiabilidade no propósito	Relacionado ao propósito de desenvolvimento da ontologia candidata. Por exemplo, ontologias desenvolvidas como uma amostra acadêmica simples são menos confiáveis do que aquelas desenvolvidas para serem usadas em projetos reais.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	3
Suporte prático	Relacionado à existência de outros projetos conhecidos ou ontologias que reusam a ontologia candidata.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	7
Recursos de conhecimento utilizados	Relacionado a recursos ontológicos (ex. ontologias de fundamentação, etc.) e não ontológicos (ex. padrões de metadados) usados na ontologia candidata.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Axiomas identificados na terminologia compatibilizada	Relacionado à existência de axiomas nos elementos da ontologia, garantindo, assim, restrições acerca de suas interpretações.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	6

Fonte: elaborado pela autora.

Os pesos dos critérios indicados pelo guia metodológico foram aceitos como padrão nesta pesquisa pelo fato de se alinharem ao propósito qualitativo de análise das ontologias multimídia. Já os pesos assinalados em negrito são associados aos critérios concebidos para a tese e as justificativas às atribuições numéricas são descritas adiante. O guia metodológico atribui os símbolos (+) e (-) aos pesos para se considerar a influência positiva ou negativa de um determinado critério na pontuação de *ranking* resultante. Segundo o guia, tais símbolos **não podem** ser modificados pelo ontologista.

Alguns critérios propostos no guia *NeOn* não foram considerados na tese devido ao fato de estarem fora do escopo e do propósito da pesquisa, como, por exemplo, critérios aplicados à análise de teorias advindas de ontologias de alto nível (ou de fundamentação); critérios voltados à análise qualitativa (associada à veracidade semântica) e à extensão de axiomas; e critérios destinados à comparação de linguagens de implementação e de raciocínios de modelagem (conceituações) entre as ontologias candidatas. Quatro novos critérios foram agregados ao conjunto recomendado pelo guia, a saber: i) número de requisitos funcionais cobertos; ii) recursos de conhecimento utilizados; iii) axiomas identificados na terminologia compatibilizada; e iv) anotações identificadas na terminologia compatibilizada. Observa-se no Quadro 13 que o único critério com valor numérico destina-se ao *Número de requisitos funcionais cobertos* e o mesmo é considerado de alto valor para a atividade de seleção de ontologias para reúso.

Na intenção de buscar uma coerência mais realística na atribuição de pesos para os novos critérios e na determinação de regras para avaliação do conjunto de critérios determinados na pesquisa, optou-se em fazer um pré-teste com uma amostragem de 1/3 do total de ontologias multimídia selecionadas para análise e avaliação. Foram, então, selecionadas 3 ontologias (no total de 9) consideradas de peso na literatura, e a partir de uma análise de suas conceituações chegou-se a algumas observações que influenciaram as decisões. As observações são as seguintes:

- A utilização de uma ontologia de fundamentação ajuda na organização semântica do conhecimento multimídia embutido nas estruturas ontológicas. Este, por exemplo, é formalizado por axiomas fundamentais herdados pelas classes da ontologia multimídia. Nesse sentido, uma ontologia de fundamentação com seu sistema formal de categorias traz benefícios semânticos quando esclarece o significado pretendido sobre os termos, apoiando, assim, a integração de uma ontologia multimídia com ontologias de domínios específicos. Finalmente, os padrões de projeto advindos (e estendidos) de uma ontologia de alto nível contribuem sobremaneira para a organização genérica de conceitos do domínio

multimídia. E a utilização de padrões de metadados W3C (Dublin Core e MPEG-7, especialmente) ajuda na convenção terminológica do vocabulário e na cobertura multimídia requerida (ponto forte na pesquisa).

- Os axiomas são recursos relevantes quando se almeja tratar questões de interoperabilidade semântica na Web, ou seja, em paradigma de mundo aberto. Contudo, na análise de 3 ontologias percebeu-se que *axioma* é uma característica que varia nas ontologias, sendo a esta atribuída as seguintes classificações: ontologias não axiomatizadas; ontologias fracamente axiomatizadas (ex. com uso apenas da declaração *disjoint*); e ontologias altamente axiomatizadas (ex. com declarações lógicas mais complexas). Ainda tem os casos em que os autores disponibilizam nos repositórios uma versão não axiomatizada ou com poucos axiomas.
- As anotações são recursos relevantes para o entendimento acerca da natureza do conceito na ontologia. Contudo, na análise de 3 ontologias percebeu-se que os comentários (formato mais simples para anotações) são utilizados de maneira arbitrária e sem padronização.

A seguir a descrição para os novos critérios, a justificativa para a indicação de seus pesos correspondentes, e as regras pré-determinadas para as mensurações de 16 critérios são apresentadas. Há que se notar que os pesos bem como as regras apresentadas são uma proposição da autora, baseada nos argumentos sobre suas importâncias relativas. Estes pontos devem ser discutidos na generalização da metodologia.

- Critério *número de requisitos funcionais cobertos*

O critério *número de requisitos funcionais cobertos* avalia se a ontologia candidata cobre de forma parcial ou total os requisitos determinados na pesquisa, apoiando, assim, o processo de reuso de conceitos multimídia adequados a características provenientes dos padrões MPEG-7 e Dublin Core. Nesse sentido, seguindo a mesma lógica de organização de critérios associados a reuso do guia *NeOn*, *número de requisitos funcionais* foi classificado na dimensão *esforço para integração* por se referir à quantidade de características multimídia satisfeita pelas ontologias candidatas a reuso.

Para a determinação do valor numérico para este critério, considerou-se a seguinte proposição: a *cobertura de requisitos funcionais* consiste na proporção de requisitos funcionais (*Elementos-de-Parâmetro*) que estão inclusos na terminologia das ontologias de domínio multimídia candidatas (*Terminologia-da-Ontologia-Candidata*) sobre os requisitos funcionais. A

fórmula é expressa como se segue: *cobertura* = *Terminologia-da-Ontologia-Candidata* *interseção* *Elementos-de-Parâmetro* / *Elementos-de-Parâmetro*.

Por ser uma das principais contribuições da tese o fato de se identificar características que podem (e devem) ser descritas para melhor recuperação de recursos multimídia, principalmente no contexto da Web, justifica-se a indicação do **peso 10** para este critério.

- Critério *recursos de conhecimento utilizados*

O critério *recursos de conhecimento utilizados* avalia se a ontologia candidata utilizou em sua concepção recursos ontológicos e não ontológicos que promovem, por exemplo, um conhecimento padrão e consensual do domínio e/ou uma fundamentação baseada em teorias filosóficas e linguísticas que a aproxima de uma dada porção de realidade. Tais características favorecem a confiabilidade da ontologia candidata frente a aspectos semânticos que apoiam questões de interoperabilidade na Web. Nesse sentido, justifica-se a classificação desse critério na dimensão *confiabilidade*. Em razão de esses aspectos positivos terem sido encontrados de forma equilibrada na amostragem analisada, o **peso 8** foi indicado para este critério.

- Critério *axiomas identificados na terminologia*

O critério *axiomas identificados na terminologia compatibilizada*¹⁴⁰ avalia a presença de restrições semânticas envolvendo as classes e as propriedades¹⁴¹ da terminologia compatibilizada. Foi classificado na dimensão *confiabilidade* pelo fato de as declarações formais apoiarem a interpretação pela máquina por meio de inferências lógicas, e permitirem também um suporte a questões de interoperabilidade na Web. Axiomas seriam, por exemplo, declarações lógicas¹⁴² envolvendo conectivos lógicos, quantificadores, valores específicos, cardinalidade, relação inversa, relação equivalente, características funcionais, transitivas, reflexivas, assimétricas entre elementos da ontologia. Ressalta-se que o elemento *SubClassOf* quando usado na declaração de uma classe apenas como uma composição taxonômica, não foi considerado como um axioma. Justifica-se a decisão metodológica pelo fato de não se considerar uma taxonomia *per si* como ontologia formal (ABBAS, 2010; GUARINO, 1998; USCHOLD e GRUNINGER, 1996; GRUNINGER e FOX, 1995).

¹⁴⁰ Considera-se terminologia compatibilizada (assunto elucidado com maior detalhe na seção 4.2.3.2) quando há uma harmonização ou um alinhamento semântico entre os vocabulários das ontologias selecionadas e os requisitos multimídia determinados na pesquisa.

¹⁴¹ Em situações envolvendo subclasses e subpropriedades, considerou-se a herança de axiomas de seus conceitos de nível superior.

¹⁴² Sentenças que descrevem um fato. Por exemplo, uma declaração lógica (em OWL no Protégé) que define a classe “MultimediaCollectionType” na ontologia multimídia de Rhizomik: (Collection **only** CollectionType) **or** (StructuredCollection **only** StructuredCollectionType).

Duas razões levaram à atribuição de **peso 6** ao critério axioma. A primeira razão consiste no fato de que por limitação de tempo de pesquisa, não foi considerada na etapa de análise da ontologia a adequação dos axiomas frente aos requisitos multimídia (mesmo porque seria necessário um acompanhamento de um especialista no domínio, o que não ocorreu). Desse modo, mesmo sabendo da importância de sua existência nos elementos ontológicos compatibilizados (podendo ter um peso maior), sua veracidade não foi avaliada, apenas identificada. A segunda razão reside no fato da ocorrência de casos em que as ontologias são disponibilizadas nos repositórios sem axiomas ou com poucos axiomas.

- Critério *anotações identificadas na terminologia*

O critério *anotações identificadas na terminologia* avalia a presença de informações relevantes sobre um elemento compatibilizado na ontologia candidata, favorecendo o entendimento acerca de sua natureza. Uma anotação pode estar presente em formato, por exemplo, de definição textual a qual Smith (2013) elucida como uma sentença de condições necessárias e suficientes para a definição da natureza de um conceito. Segundo Smith (2013), definições conceituais em linguagem natural quando realizadas de forma rigorosa (com uma série de princípios ontológicos) e visando definições lógicas nos elementos da ontologia são fundamentais para a qualidade da ontologia construída e para a interpretação por inferências lógicas pela máquina. Além de definições, outros formatos para anotações podem estar presentes, como comentários que são importantes no sentido de agregarem informações complementares sobre um conceito. Nesse sentido, justifica-se a classificação do critério anotações na dimensão *esforço para entendimento*. Finalmente, o **peso 5** foi determinado para este critério pelo fato de os comentários se apresentarem sem regras e padronização na amostragem analisada.

- Regras de mensuração para os critérios

Para os critérios oriundos do guia metodológico e desta tese, regras de mensuração foram determinadas como suporte à análise objetiva das ontologias candidatas, da seguinte forma:

- *Custo econômico*: se a aquisição da ontologia ocorrer por meio de repositórios da Web ou pelo envio de algum autor, o valor é determinado como baixo. No caso desta pesquisa, como o acesso às ontologias foi em sua maioria por meio de repositórios, o valor para este critério foi considerado baixo.
- *Tempo requerido*: se o consumo de tempo para acessar e abrir a ontologia candidata (por exemplo, em situações de localização por *links* ou de qualquer

impasse na abertura no Protégé) for notável, o valor é determinado entre médio e alto; caso contrário, o valor é determinado como baixo.

- *Qualidade da documentação*: se existir material de referência à documentação da ontologia, como artigos ou um sítio descrevendo com detalhe e clareza o conhecimento representado na ontologia, o valor é determinado como alto.
- *Disponibilidade de conhecimento externo*: se existir referências a fontes externas que podem ser usadas para entender melhor a ontologia (autores e projetos que fazem uso), o valor é determinado como alto.
- *Clareza no código*: se verificar que a ontologia candidata, em geral, é intuitivamente compreensível, com nomenclaturas e definições claras para suas classes e propriedades, além de apresentar comentários sobre as mesmas, o valor é determinado como alto, caso contrário o valor é determinado entre médio e baixo.
- *Anotações identificadas na terminologia compatibilizada*: se o número de anotações estiver acima de 60% *e* com declarações conceituais, o valor é determinado como alto; se o número de anotações estiver no intervalo entre 40 a 60% *e* com declarações conceituais, o valor é determinado como médio; e se o número de anotações estiver abaixo de 40% *ou* ocorrerem anotações triviais (com poucas contribuições semânticas), o valor é determinado como baixo.
- *Adequação à extração de conhecimento*: se verificar que a estrutura taxonômica da ontologia candidata é organizada em seus aspectos multimídia (ex. tipos de recursos multimídia, tipos de segmentos), além de possuir uma terminologia compatível com o padrão MPEG-7, o valor é determinado entre médio e alto; e se a arquitetura modular da ontologia for subjacente a padrões multimídia fundamentados em ontologias de alto nível, o valor é determinado como alto.
- *Adequação a convenção de nomes*: se a nomenclatura dos conceitos da ontologia provir de padrões, tais como MPEG-7, outros padrões de metadados W3C, o valor determinado é alto; se a nomenclatura não obedecer a nenhum padrão, o valor é determinado como baixo.
- *Adequação a linguagem de implementação*: se a linguagem de implementação da ontologia candidata for OWL¹⁴³, o valor determinado é alto; se a ontologia estiver representada em RDFS, o valor determinado é médio.

¹⁴³ Tendo em vista que a ontologia multimídia a ser implementada em trabalhos futuros será representada em OWL, e por ser esta uma linguagem recomendada pelo W3C para representar ontologias formais no âmbito da Web Semântica.

- *Disponibilidade de testes*: se verificar a disponibilidade de testes para a ontologia candidata, o valor determinado é alto; caso contrário o valor é determinado como ausente (desconhecido).
- *Avaliação de testes*: se verificar a existência de unidades de teste e seus resultados (avaliação explícita) para a ontologia candidata, o valor determinado é alto; caso contrário o valor é determinado como ausente (desconhecido).
- *Reputação do time de desenvolvimento*: se verificar a citação de um membro desenvolvedor da ontologia candidata (ou mesmo da própria ontologia) nos sítios do W3C, tais como *Multimedia Vocabularies on the Semantic Web* e/ou *Media Annotation Group*, o valor é determinado como alto; caso contrário, outras informações como publicações científicas, interesses de pesquisa são verificadas para qualificar o valor do critério como médio ou baixo.
- *Confiabilidade no propósito*: se verificar que a concepção da ontologia candidata se deu como uma tradução de um padrão de metadados multimídia, o valor é considerado médio; e se foi concebida para uso em um projeto com maior abrangência no domínio multimídia, o valor é considerado alto.
- *Suporte prático*: se verificar que a ontologia candidata é (re) usada em outras ontologias, em projetos conhecidos, o valor determinado é alto. Se verificar possibilidades (sem garantias) de suporte pelo próprio grupo do projeto, o valor é considerado baixo.
- *Recursos de conhecimento utilizados*: se a ontologia multimídia candidata utilizar o padrão de metadados multimídia MPEG-7 em sua fundamentação, o valor é considerado alto; se a ontologia utilizar uma ontologia de fundamentação bem como padrões de projeto oriundos desta em sua estrutura, o valor é determinado também como alto; e se identificar outros casos, o valor é determinado como médio.
- *Axiomas identificados na terminologia compatibilizada*: se o número de axiomas estiver acima de 60% *e* com declarações lógicas complexas¹⁴⁴, o valor é determinado como alto; se o número de axiomas estiver no intervalo entre 40 a 60% *e* com declarações lógicas complexas, o valor é determinado como médio; e se o número de axiomas estiver abaixo de 40% *ou* ocorrerem axiomas com declarações lógicas simples¹⁴⁵, o valor é determinado como baixo.

¹⁴⁴ Considera-se “complexa” uma declaração que explora bem elementos lógicos para descrever as coisas.

¹⁴⁵ Considera-se “simples” uma declaração que faz uso somente, por exemplo, do elemento lógico *disjoint*.

4.2.3.2 Processo de análise documental e de conteúdo

Esta etapa iniciou-se em fevereiro de 2014 e se estendeu até abril do mesmo ano. A atividade de análise das ontologias multimídia foi considerada como um processo de auditoria, no qual as ontologias e documentações subjacentes foram inspecionadas e analisadas. No total, foram gastas 224 horas de análise sobre as nove ontologias envolvidas na pesquisa, conforme pode ser conferido nas seções relativas a cada uma delas. Os métodos usados para análise documental e de conteúdo das ontologias são descritos a seguir.

O processo de análise e interpretação dos documentos relacionados a cada ontologia se deu através da utilização de técnicas de análise de conteúdo (BARDIN, 1977), que contempla um conjunto de métodos de análise das comunicações visando obter indicadores (quantitativos ou não) que permitam a inferência de conhecimentos presentes nas mensagens. A principal técnica utilizada foi a determinação de categorias que subsidiariam a análise de conteúdo dos materiais envolvendo as ontologias multimídia candidatas a reúso. Alguns critérios envolvendo o *ranking* para reúso foram usados como estratégia metodológica para cumprimento de dois propósitos, a saber: i) subsidiar a organização e a interpretação dos conteúdos envolvidos no material empírico da pesquisa; e ii) obter para os critérios envolvidos suas mensurações por meio de evidências na literatura e no código da ontologia. Os critérios foram transformados em categorias de análise e endereçados como se segue.

Para a análise documental, as categorias destinam-se a: **i)** propósito de desenvolvimento da ontologia; **ii)** disponibilidade de documentação da ontologia; **iii)** recursos de conhecimento utilizados; **iv)** disponibilidade de conhecimento externo; **v)** disponibilidade de testes; **vi)** disponibilidade de resultados de avaliação de testes; **vii)** informação sobre a equipe de desenvolvimento; e **viii)** informação sobre projetos e ontologias que fazem uso. E para a análise de código das ontologias, as categorias referem-se a: **i)** linguagem de implementação; **ii)** clareza no código; **iii)** adequação a extração de conhecimento; **iv)** adequação a convenção de nomes; **v)** cobertura terminológica frente a requisitos multimídia; e **vi)** anotações e axiomas existentes na terminologia compatibilizada.

A atividade de análise de conteúdo das ontologias demandou conhecimentos acerca das linguagens da Web Semântica (elucidadas na seção 3.3.3), especialmente OWL por ser a linguagem representativa da maioria das ontologias analisadas; além do manuseio do editor de ontologias Protégé 4.3, o qual foi escolhido como ferramenta para inspeção das ontologias. Com o apoio dos *requisitos para descrição de documentos multimídia* (ver Apêndice A), os elementos de parâmetro serviram de instrumento metodológico para a definição de *estruturas de análise de requisitos*

funcionais endereçadas à descoberta da cobertura terminológica (total ou parcial) frente às ontologias candidatas a reúso.

Nesse ponto, torna-se válido enfatizar que requisitos funcionais são resultados de práticas advindas da área de engenharia de software (PRESSMAN, 2002) e que foram adaptadas na área de engenharia de ontologias (FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e JURISTO, 1999; FIGUEROA, GÓMEZ-PÉREZ e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012) como forma de viabilizar as tarefas voltadas a especificações de conteúdo de um domínio de conhecimento em particular, obtendo-se, como resultado, terminologias endereçadas a uma ontologia. No caso específico do domínio multimídia, um conhecimento sobre mídia poderia ser representado, por exemplo, nas seguintes declarações: “um GIF é um tipo de formato de imagem”; “um formato 3D é uma subclasse de formato de mídia”; e como terminologia poder-se-ia obter a partir de uma convenção do padrão MPEG-7: “mpeg7: Content” e “mpeg7: FileFormat”.

As *estruturas de análise de requisitos funcionais* foram organizadas por ontologia multimídia e modularizadas pelas categorias de metadados elencadas na pesquisa: *metadados independentes de conteúdo*, *metadados dependentes de conteúdo* e *metadados descritivos de conteúdo*.

Foram criados 3 arquivos¹⁴⁶ textos para comportar cada categoria de metadados concernente a cada ontologia. Desse modo, resultou-se em 27 arquivos referentes às análises das ontologias. Na concepção das *estruturas de análise*, os elementos de parâmetro e suas descrições foram dispostos em suas linhas, e os elementos ontológicos inspecionados foram postos em suas colunas. Tais elementos foram determinados a partir do conhecimento adquirido na fundamentação teórica de que os requisitos multimídia, se cotejados com as declarações ontológicas nas ontologias, poderiam aparecer em formato de classes, propriedades e/ou instâncias. Os itens analisados são apresentados, conforme abaixo:

- *Classes (taxonomia)*: estrutura hierárquica responsável pela organização dos conceitos do domínio multimídia. Nesse caso, quando identificado o requisito como uma classe, optou-se em mapear a estrutura taxonômica na ontologia identificando suas subclasses e superclasses. O prefixo “:” (dois pontos) que acompanha o termo significa a origem do mesmo, isto é, identifica a ontologia na qual o recurso está vinculado. O sinal “.” (ponto) indica a relação de subclasse entre as classes envolvidas. Este mesmo princípio é empregado para os dados Propriedades descritos adiante.

¹⁴⁶ Optou-se por esse tipo de instrumento para coleta e registro dos dados em razão do número razoável de ontologias envolvidas na análise. Em situações em que houver um número maior de objetos empíricos envolvidos na análise, sugere-se a construção de uma base de dados endereçada a organização dos mesmos e a obtenção de resultados com maior agilidade.

- *Propriedades*: características que descrevem uma classe da ontologia (conceito multimídia), tais como definição, sinônimos, relações entre classes, papéis, *links* para esquemas de classificação externo (como conceitos em SKOS¹⁴⁷), relação inversa, atributos, valores e comentários. Nesta pesquisa, foram considerados para análise os seguintes elementos relativos a propriedades: propriedades de objeto (*Object Properties*), propriedades de tipos de dado (*Data Properties*) e propriedades de anotação (*Annotation Properties*). O primeiro elemento relaciona objetos com outros objetos; o segundo relaciona objetos com seus valores de tipos de dado; e o terceiro contempla informações relevantes sobre um elemento na ontologia por meio de definições, comentários, sinônimos, dentre outros. Na identificação do requisito como uma propriedade, o mesmo seria apontado como uma relação (r) ou como um atributo (a). E, ainda, para tais elementos, foram verificadas a existência, ou não, de restrições de propriedades envolvendo domínio (*rdfs:domain*) e escopo (*rdfs:range*), as quais permitem restrições de participação dos objetos nas classes, favorecendo a realização de inferências lógicas e, conseqüentemente, a interpretação das ontologias pelas máquinas.
- *Instâncias*: objetos específicos (*Individuals*) de um conceito multimídia.
- *Axiomas*: restrições impostas sobre os conceitos (classes e propriedades) envolvidos na ontologia multimídia a fim de evitar ambiguidades na semântica dos termos, garantindo, assim, que as definições formais apoiem a interpretação pela máquina por meio de inferências lógicas (conforme já destacado na tese).

O processo de análise de conteúdo das ontologias consistiu de uma análise de compatibilidade (um mapeamento ou alinhamento) entre os vocabulários das ontologias e os requisitos multimídia determinados na pesquisa. A análise de compatibilidade ocorreu especialmente nos elementos das declarações ontológicas, sob dois aspectos e em sequência: i) nível linguístico; e ii) nível de definição do conceito. No nível linguístico, a interpretação do significado da nomenclatura do termo é subjetiva, não sendo suficiente para assegurar uma correspondência de ordem conceitual. Desse modo, como segunda etapa foi realizada uma análise conceitual que refletiu no significado intencionado do elemento (termo) frente ao contexto pretendido. Para este último, as propriedades de anotação dos conceitos (por exemplo: comentários e definições) foram verificadas e, quando existentes, analisadas para a obtenção de informações relevantes sobre a natureza dos mesmos. O mapeamento considerou possíveis diferenças semânticas ocorridas no

¹⁴⁷ SKOS (*Simple Knowledge Organization System*) é uma recomendação W3C que define um vocabulário para representar Sistemas de Organização do Conhecimento e relacionamentos entre eles. Informações adicionais em <http://www.w3.org/TR/skos-reference/>

processo de compatibilização de vocabulários, as quais podem ser caracterizadas como: i) exata; ii) mais específica; iii) mais genérica; e iv) relacionada. Em (i) a semântica de dois elementos são equivalentes na maioria dos contextos possíveis; em (ii) a semântica envolvida no elemento ontológico cobre apenas um subconjunto de possibilidades expressas pelo elemento equiparado; em (iii) a semântica envolvida no elemento ontológico é mais genérica do que as propriedades envolvidas no elemento equiparado; e em (iv) os dois elementos são relacionados, porém essa relação não tem semântica definida. Tal abordagem tem sido considerada em projetos de construção de ontologias multimídia, como foi o caso da Media Ontology (STEGMAIER, 2009). Torna-se válido ressaltar que o sucesso para a análise conceitual depende da coerência adotada pelos criadores da ontologia em explicitar em linguagem natural informações claras e objetivas sobre as declarações ontológicas, além de determinação não ambígua para termos e de composição taxonômica que reflita de maneira precisa o domínio multimídia.

Finalmente, após a atividade de análise de todas as ontologias multimídia envolvidas no estudo, foi realizada uma análise comparativa envolvendo os dezessete critérios determinados e elucidados na pesquisa, com destaque para o aspecto de cobertura frente aos metadados de conteúdo multimídia. Para tal, de modo a apoiar a visualização comparativa envolvendo os objetos investigados foram propostos quadros e gráficos com variados tipos de informação sinóptica envolvendo os critérios examinados na documentação e no conteúdo das ontologias.

4.2.3.3 Método de pontuação para *ranking* de ontologias multimídia

Ao final da análise de cada ontologia, as tabulações de dados colhidos tanto na análise documental quanto nas matrizes destinadas às análises ontológicas foram realizadas no sentido de se obter as avaliações e consequentemente as pontuações destinadas ao *ranking* das ontologias envolvidas. Para tal, o Quadro 21 foi proposto para apresentar as avaliações e pontuações resultantes.

O método proposto pelo guia *NeOn* para a obtenção da pontuação para cada ontologia candidata é descrito em três etapas a seguir.

- Transformar os diferentes valores (linguísticos e numérico) para uma escala padrão determinada [0 a 3] da seguinte forma:
 - Transformar os valores linguísticos para os critérios qualitativos:
 - $\text{Valor}_T = 0$ para Valor = desconhecido (D)
 - $\text{Valor}_T = 1$ para Valor = baixo (B)
 - $\text{Valor}_T = 2$ para Valor = médio (M)
 - $\text{Valor}_T = 3$ para Valor = alto (A)

Onde:

- $Valor_T$ é o valor transformado.
- $Valor$ é o valor linguístico indicado pelo ontologista durante a análise de conteúdo da ontologia.
- Transformar o valor numérico fornecido pelo critério *Número de requisitos funcionais cobertos* por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Número de requisitos funcionais cobertos: } Valor_T = (Valor / \text{TotaldeRequisitos}) \times \text{MaiorValorLinguistico}$$

Onde:

- $Valor_T$ é o valor transformado.
- $Valor$ é o número calculado para o critério a partir da análise de conteúdo da ontologia.
- *MaiorValorLinguistico* é o limite máximo dos valores linguísticos, que, neste caso, seria o valor 3 de acordo com a escala [0,3].
- *TotaldeRequisitos* é o número total de requisitos multimídia.
- Calcular a pontuação das ontologias multimídia candidatas da seguinte forma:
 - O critério ponderado com (+) e o critério ponderado com (-) são tratados de forma independente. Desse modo, a seguinte fórmula é proposta para se obter a média ponderada para cada tipo de critério:

$$\text{Pontuação}_{i(+)} = \sum_{j(+)} Valor_{Ti,j} \times \text{Peso}_j / \sum_j \text{Peso}_j$$

$$\text{Pontuação}_{i(-)} = \sum_{j(-)} Valor_{Ti,j} \times \text{Peso}_j / \sum_j \text{Peso}_j$$

Onde:

- “i” é uma ontologia candidata particular.
- “j” é um critério particular incluído no Quadro 13; j(+) significa critério com peso positivo, e j(-) critério com peso negativo.
- $\text{Pontuação}_{i(+)}$ é a pontuação para a ontologia candidata “i” para o conjunto de critérios ponderado com (+).
- $\text{Pontuação}_{i(-)}$ é a pontuação para a ontologia candidata “i” para o conjunto de critérios ponderado com (-).
- $Valor_{Ti,j}$ é o valor transformado para o critério “j” na ontologia “i”.
- Peso_j é o peso numérico associado ao critério “j”.

- Calcular¹⁴⁸ a pontuação final para cada ontologia multimídia candidata com a seguinte fórmula:

$$\text{Pontuação}_i = \text{Pontuação}_{i(+)} - \text{Pontuação}_{i(-)}$$

Após a aplicação da pontuação final para cada ontologia candidata a reúso, foi possível obter a informação de *ranking* de ontologias multimídia e selecionar as ontologias com a maior pontuação. O procedimento metodológico usado para o processo de reúso dos recursos ontológicos juntamente com a proposição do modelo conceitual para descrição multimídia é descrito na seção 4.2.4. O resultado da classificação das ontologias multimídia e o modelo conceitual proposto são apresentados no capítulo 7.

4.2.4 Proposição do modelo conceitual de referência multimídia

Esta seção descreve a última etapa do plano metodológico envolvendo a modelagem conceitual, a qual se iniciou em abril de 2014 e se estendeu até maio do mesmo ano. A proposta do modelo conceitual de referência multimídia foi subsidiada pelo conhecimento obtido nas análises específicas e comparativas realizadas na pesquisa e pelos recursos de conhecimento ontológicos e não ontológicos usados nas *estruturas de análise funcional*. As ontologias melhor classificadas foram novamente analisadas em suas estruturas de conhecimento a fim de se decidir quais recursos seriam selecionados para reúso.

As decisões de seleção foram determinadas frente a requisitos funcionais e não funcionais, elaborados a partir das constatações resultantes da análise comparativa envolvendo as ontologias multimídia candidatas a reúso. Ressalta-se que o conceito de requisitos não funcionais é tratado na área correlacionada à engenharia de ontologias, a engenharia de software, em que Pressman (2002) a define como requisitos associados ao uso da aplicação em termos de desempenho, usabilidade, confiabilidade, segurança, disponibilidade, manutenibilidade e tecnologias envolvidas. Os requisitos são apresentados em detalhe no capítulo 7, seção 7.1, quando da apresentação da proposição do modelo de referência. A seguir, os Cenários 1, 3, 5, 6 e 8 do guia metodológico *NeOn* são descritos na forma como foram usados na etapa de modelagem conceitual.

O Cenário 1 - *da especificação à implementação* - foi utilizado especialmente para a elaboração de um conjunto de requisitos que o modelo conceitual deveria ser capaz de cumprir. Os requisitos denominados de funcionais se apresentaram em formato de questões de competência, as quais foram descritas a partir das categorias de tipos de metadados multimídia determinados na atividade de aquisição de conhecimento sobre o domínio. Desse modo, as questões serviram como um instrumento facilitador para a seleção de recursos de conhecimento destinados a reúso que

¹⁴⁸ Os cálculos das pontuações foram efetuados pelo *software* Excel.

poderiam contribuir nas respostas às questões que a ontologia deveria ser capaz de responder. Ademais, o propósito, o escopo e a linguagem de implementação também foram incluídos na especificação do modelo de referência multimídia.

Os Cenários 3 e 5 - *reúso, alinhamento e combinação de recursos ontológicos* - foram considerados nesta etapa da pesquisa quando se definiu o modo de reúso, ou seja, de que forma os recursos ontológicos selecionados seriam reusados. O guia indica três modos, a saber: i) os recursos ontológicos selecionados são reusados conforme estão, ou seja, sem modificações; ii) os recursos ontológicos selecionados devem passar por um processo de reengenharia, caso necessitem de mudanças (modo incluso no Cenário 6); e iii) alguns recursos ontológicos devem ser combinados a fim de se obter um novo recurso (modo incluso no Cenário 5). Nesse sentido, o Cenário 5 contemplou um conjunto de mapeamentos envolvendo os elementos de interesse das ontologias multimídia analisadas (classes, propriedades e axiomas). Esse tipo de informação tornou-se útil à modelagem conceitual quando se necessitou estabelecer um arranjo dos recursos de conhecimento ontológicos em grupos coerentes com os requisitos funcionais traçados na pesquisa para, finalmente, estabelecer a proposta de alinhamentos e combinações demandadas. O método de alinhamento foi estabelecido a partir de práticas de uso (STEGMAIER, 2009; SAATHOFF, EIBINGE e SCHERP, 2012) abstraídas nas análises das documentações subjacentes às ontologias estudadas.

O Cenário 6 - *reúso, alinhamento, combinação e reengenharia de recursos ontológicos* – foi usado na medida em que alguns recursos de conhecimento advindos de ontologias selecionadas para reúso precisaram de mudanças para se ajustar aos alinhamentos necessários ao modelo conceitual proposto. Outra situação de uso deste cenário ocorreu para a necessidade de implementação de regras e restrições por meio de axiomas para garantir a consistência do modelo frente ao domínio da descrição multimídia.

E o Cenário 8 – *reestruturação de recursos ontológicos* – foi usado para a reorganização da conceituação resultante dos alinhamentos envolvendo as ontologias selecionadas para reúso. A atividade de reestruturação incluiu remoção de conceitos desnecessários na conceituação, inclusão de novos conceitos e relacionamentos na estrutura e especializações adequadas envolvendo tais elementos.

Finalmente, a linguagem de modelagem adotada para fins de representação dos diagramas de classes do modelo conceitual de referência multimídia foi a UML (BOOCH, JACOBSON e RUMBAUGH, 2006) por possuir uma notação gráfica simples e de ser capaz de modelar aspectos estruturais de um sistema. O *software* usado na concepção dos diagramas de classes do modelo foi o StarUML¹⁴⁹ versão 5.0.2.1570.

¹⁴⁹ <http://staruml.sourceforge.net/en/>

5- APRESENTAÇÃO DAS ANÁLISES DAS ONTOLOGIAS MULTIMÍDIA

O presente capítulo apresenta as nove ontologias multimídia selecionadas na pesquisa. A apresentação de cada ontologia realiza-se a partir de orientações advindas das categorias de análise determinadas na pesquisa (elucidadas no capítulo de metodologia da pesquisa) para extração de conteúdo pertencente às documentações envolvidas; em seguida, apresentam-se informações concernentes à análise da representação do conhecimento (inspeção no código) dessas mesmas ontologias por meio do editor Protégé 4.3 e documentação subjacente.

Para cada ontologia, foram apresentadas suas principais características harmonizadas com as categorias de análise determinadas. A categoria de análise não explicitada na apresentação das ontologias se deu em função das mesmas não apresentarem propostas correspondentes. Nesse caso, o valor “Ausente” foi direcionado ao dado nos quadros sinópticos correspondentes.

Na definição da ordem para análise das ontologias multimídia e consequentes apresentações, foram observados os casos de ontologias que praticam reúso de outras que se encontram no conjunto selecionado para análise, como é o caso, por exemplo, da *M3 Multimedia* que pratica reúso da *Media Ontology*, da *COMM* e da *MDO Boemie*. A observação se tornou necessária decorrente ao fato de que na análise da estrutura de conhecimento, poder-se-ia encontrar vocabulários de ontologias ainda não examinados, dificultando o entendimento e a coerência na apresentação das análises. Desse modo, a sequência ocorre como se segue.

A seção 5.1 apresenta a ontologia *Media Ontology*. A seção 5.2 discorre sobre a ontologia *Core Ontology for Multimedia*. A seção 5.3 expõe as ontologias multimídia do Projeto Boemie. A seção 5.4 apresenta a *M3 Multimedia*. A seção 5.5 elucida a *Multimedia Metadata Ontology*. A seção 5.6 apresenta a ontologia MPEG-7 de *Jane Hunter*. A seção 5.7 apresenta a ontologia MPEG-7 do projeto *Rhizomik*. A seção 5.8 trata das ontologias multimídia do projeto *SmartWeb*. E a seção 5.9 tece considerações sobre a ontologia MPEG-7 MDS envolvida no projeto *Polysema*.

Destaca-se que o material envolvido na coleta de dados contendo os registros das análises efetuadas frente às ontologias multimídia selecionadas na pesquisa encontra-se relacionado no Apêndice C desta tese.

5.1 MEDIA ONTOLOGY

A *Media Ontology* é uma ontologia sobre mídia desenvolvida por Tobias Bürger, Jean Pierre Evain e Pierre-Antoine Champin dentro do *W3C Media Annotation Working Group*. O grupo busca melhorar a interoperabilidade entre esquemas de metadados para *recursos de mídia* na Web, tais como vídeo, áudio e imagem. Um recurso de mídia é definido como qualquer recurso físico ou lógico que pode ser identificado por um URI (BERNERS-LEE, 2006), e que possui (ou está relacionado com) tipos de conteúdo de um ou mais meios de comunicação. O termo abrange, por exemplo, a noção abstrata de um filme (ex.: “E o vento levou”), bem como a codificação binária do mesmo (ex.: a codificação MPEG-4 do filme em um DVD), ou quaisquer níveis intermediários de abstração (ex.: o corte do diretor ou a sinopse do filme).

A *Media Ontology 1.0* (namespace *ma-ont*) foi construída utilizando padrões de metodologias de engenharia de ontologias e seu propósito de construção foi de definir um conjunto de propriedades de anotação centrais para descrever conteúdo multimídia, juntamente com um conjunto de mapeamentos entre os principais formatos de metadados em uso atualmente. Os padrões de metadados mapeados a partir do conjunto de propriedades de anotação da *Media Ontology* são ao todo em 24 (EXIF, VRA, DIG35, EBUCore, etc.), destacando os mapeamentos com os padrões de metadados tidos como referências nesta tese: Dublin Core¹⁵⁰ e MPEG-7¹⁵¹. Para este último, a compatibilização terminológica entre os vocabulários se deu em sua totalidade, porém com diferenciações semânticas em alguns casos, a saber: i) *compatibilização exata*, em que há equivalência na maioria dos contextos possíveis; ii) *maior especificidade*, cuja semântica da propriedade do padrão de metadado contempla um subconjunto de possibilidades expressas pela propriedade definida na ontologia; iii) *mais genérica*, cuja semântica da propriedade do padrão de metadado é mais ampla do que a propriedade definida na ontologia; e iv) *relacionada*, em que duas propriedades estão relacionadas. Tais informações encontram-se explicitadas nas duas tabelas de mapeamento envolvendo o Dublin Core e o MPEG-7, as quais foram usadas como suporte à análise de compatibilização semântica entre os requisitos funcionais da pesquisa e o vocabulário da *Media Ontology*.

O conjunto de propriedades centrais que constituem a *Media Ontology* é derivado do trabalho do *W3C Incubator Group Report* envolvendo vocabulários multimídia na Web Semântica, além de uma lista de casos de uso¹⁵² compilada após uma chamada de publicação. Os casos de uso envolvem esquemas heterogêneos de metadados usados em diferentes comunidades, tais como TV

¹⁵⁰ <http://www.w3.org/TR/mediaont-10/#dc-table>

¹⁵¹ <http://www.w3.org/TR/mediaont-10/#mpeg-table>

¹⁵² <http://www.w3.org/TR/media-annot-reqs/#rfc2119>

interativa, instituições de patrimônio cultural, etc.; além de requisitos¹⁵³ que fundamentam o desenvolvimento da ontologia.

A *Media Ontology* dispõe de documentações sobre as características de sua estrutura, isto é, propriedades de anotação de mídia oriundas de padrões de metadados W3C, manifestadas em artigos publicados por seus autores e colaboradores (STEGMAIER et al., 2009; EVAIN e BÜRGER, 2011), sítios relacionados a grupos de pesquisa W3C (com referências já indicadas) e projetos envolvendo ontologias que praticam reuso do vocabulário *ma-ont*, como é o caso do projeto Buscamedia¹⁵⁴ e sua ontologia multimídia denominada *M3 multimedia*. Além de uma documentação de qualidade, a equipe responsável pelo desenvolvimento da ontologia coloca à disposição um conjunto de testes¹⁵⁵ que cobre todos os formatos de metadados multimídia e de *containers* multimídia (ex. formato de arquivo *QuickTime*) listados nas tabelas de mapeamento inclusas no documento de especificação da ontologia. Cada formato contemplado no teste possui um arquivo exemplo, que busca cobrir as propriedades centrais da ontologia, e um arquivo RDF/OWL para estabelecer a compatibilização entre as propriedades centrais e o vocabulário RDF.

As propriedades¹⁵⁶ de anotação de mídia contemplam metadados para **identificação** do recurso da mídia descrita, tais como identificação, títulos, idiomas e localização (local físico onde o recurso pode ser acessado). Outras propriedades descrevem a **criação** do conteúdo (por exemplo, data de criação, local da criação, tipos diferentes de criadores e contribuidores) e a **descrição do próprio conteúdo** (texto livre, gênero, avaliação do conteúdo e palavras-chave). Existem também propriedades voltadas à descrição de **coleções** de recursos, a **relações** para outros recursos de mídia (por exemplo, fonte original e trabalhos derivados, tais como sinopses e cenas personalizadas) e a **gerenciamento de direitos digitais** envolvendo *copyright* e referência para uma licença (por exemplo, *Creative Commons* ou licenças MPEG-21). Metadados relacionados à **distribuição de conteúdo** incluem publicadores e público-alvo em termos de regiões e classificação etária. Propriedades de anotações podem ser realizadas na mídia como um todo ou em parte da mesma usando as especificações do *Media Fragments URI*¹⁵⁷ para identificar **fragmentos multimídia**. Finalmente, as **propriedades técnicas** incluem: tamanho do quadro de imagens e vídeos, duração da mídia, taxa de amostra de áudio, taxa de quadros, formato, tipo de compressão, número de faixas e média de transmissão de *bit*.

¹⁵³ O desenvolvimento dos requisitos possui três principais entradas: casos de uso, análise de padrões existentes e uma descrição de processos canônicos sobre mídia.

¹⁵⁴ <http://buscamedia.isoco.net/m3repository/M3OntologyNetwork/owldoc/index.html>

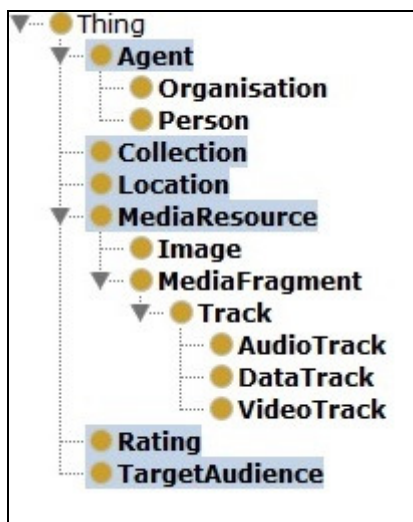
¹⁵⁵ <http://www.w3.org/2008/WebVideo/Annotations/drafts/ontology10/testsuite.html>

¹⁵⁶ Este conjunto pode ser modificado no sentido de inclusão de novas propriedades para certo tipo de mídia; contudo, o objetivo é manter o tamanho da ontologia limitado (STEGMAIER, 2009).

¹⁵⁷ <http://www.w3.org/TR/2011/CR-media-frags-20111201/>

Na abertura do código da ontologia *Media Ontology* (arquivo *ma-ont.owl*¹⁵⁸) no editor de ontologias Protégé 4.3, visualizaram-se dados acerca de sua versão, a saber: R36 em 20 de março de 2013. Em relação às características da estrutura do vocabulário, têm-se 14 classes (incluindo subclasses), 85 propriedades (sendo 55 relações e 30 atributos) e nenhuma instância. Basicamente, têm-se um conjunto de classes sobre mídias e classes específicas para elementos não midiáticos (EVAÏN e BÜRGER, 2011). A taxonomia da ontologia *Media Ontology* é exibida na Figura 38 que destaca as classes mais genéricas.

Figura 38 - Taxonomia de classes da Media Ontology



Fonte: captura de tela do software Protégé.

As classes que descrevem mídias são:

- *MediaResource*: identifica conteúdo como, por exemplo, um programa de TV fechada que pode ser membro de um grupo (como um episódio de uma série).
- *MediaFragment*: identifica partes, segmentos e outros itens diretamente acessíveis de um *MediaResource*.
- *Track* e subclasses associadas (*AudioTrack*, *VideoTrack* e *DataTrack*): identifica componentes de mídia específicos de um *MediaResource*, tais como uma legenda para uma imagem; um áudio em inglês, dentre outros.
- *Image*: declara, por exemplo, imagens relacionadas a um recurso de mídia, como um quadro chave.
- *Collection*: define um grupo de recursos de mídia como, por exemplo, um grupo de programa ou uma série.

As classes que descrevem características não midiáticas são:

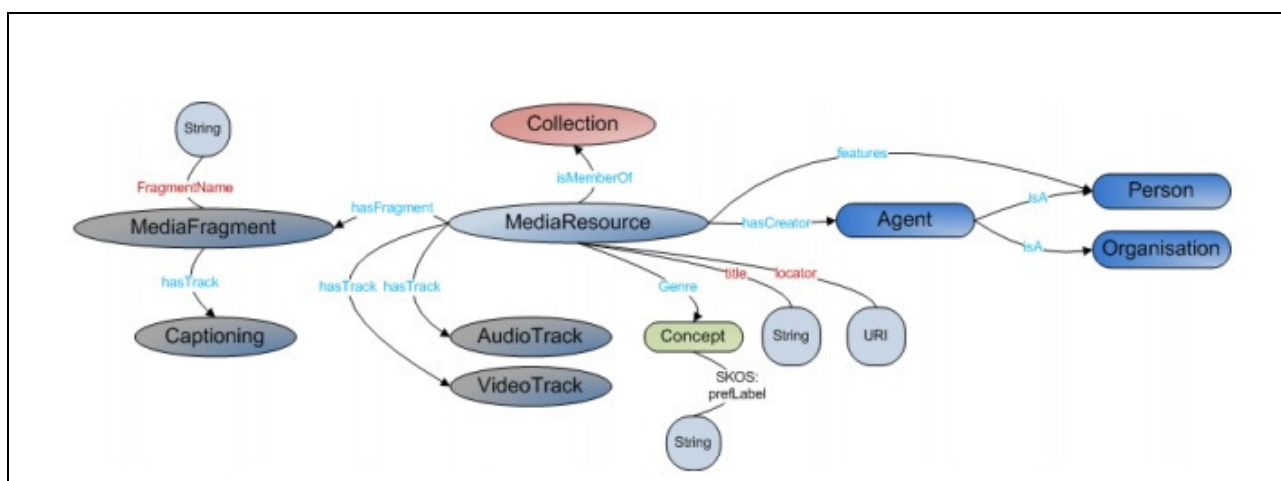
- *Agent* e subclasses associadas (*Person* e *Organisation*): define uma Pessoa física ou uma Organização relacionada com um recurso de mídia.

¹⁵⁸ Arquivo obtido de forma imediata em sítio do Grupo de Trabalho: <http://www.w3.org/TR/mediaont-10/>

- *Rating*: permite recolher avaliações de usuários sobre um recurso de mídia.
- *TargetAudience*: define o público para o qual o recurso de mídia foi produzido como, por exemplo, públicos diferenciados para um país (região); públicos para diferentes aplicações (televisão, jogos).
- *Location*: permite associar informações relacionadas à localização de um recurso como, por exemplo, uma localização fictícia retratada no recurso.

A Figura 39 ilustra um exemplo de uma descrição de um recurso de mídia (*MediaResource*) usando as principais classes e propriedades da ontologia *ma-ont*. Observa-se que como a ontologia encontra-se inserida no contexto da Web Semântica, conceitos de vocabulários oriundos de SKOS podem ser usados, permitindo compartilhamento e ligação entre sistemas de organização de conhecimento na Web.

Figura 39 - Modelo conceitual da Media Ontology

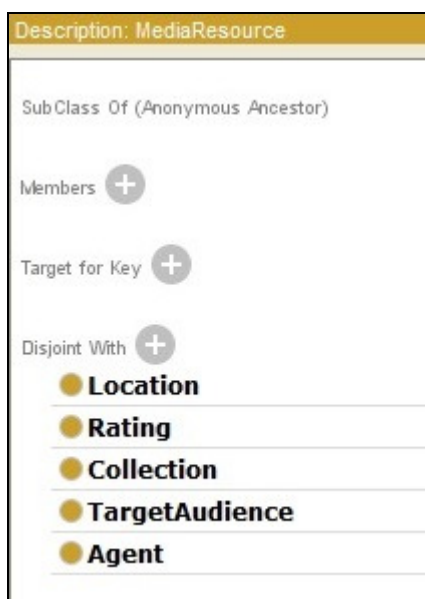


Fonte: Evain e Bürger (2011, p.7)

A linguagem de implementação da *Media Ontology* é a OWL2-DL¹⁵⁹, que é usada para capturar a semântica dos elementos de metadados e suas relações, além de permitir que os recursos sejam cobertos pelos princípios de *Linked Data*. A Figura 40 ilustra um exemplo de modelagem semântica por meio de uma axiomatização simples em uma das classes principais da ontologia, a *MediaResource*, restringindo a participação (declaração *Disjoint With*) de suas instâncias em relacionamentos com as classes não midiáticas *Location*, *Rating*, *Collection*, *TargetAudience* e *Agent*.

¹⁵⁹ <http://dev.w3.org/2008/video/mediaann/mediaont-1.0/mediaont-1.0.html#ont-RDF>

Figura 40 - Axiomatização da classe MediaResource da Media Ontology



Fonte: captura de tela do software Protégé.

Na análise de conteúdo da representação do conhecimento da *Media Ontology* constatarem-se as evidências descritas a seguir. A ontologia cobre parcialmente os requisitos multimídia determinados na pesquisa, isto é, dos 120 requisitos, 47 são cobertos pela ontologia (39.2%). Os *metadados independentes de conteúdo* são os mais representativos na ontologia (87.5%) com destaque para descritores alinhados com o padrão Dublin Core, seguido dos *metadados descritivos de conteúdo* (43.2%) que foram representados quase que exclusivamente pelos metadados para segmentos de mídia. Os metadados associados a aspectos semânticos de conteúdo, a personalização de conteúdo (com exceção de 1 descritor para descrever coleções) e a características de alto nível envolvendo áudio não são cobertos pela *Media Ontology*. E os *metadados dependentes de conteúdo* não tiveram cobertura, não sendo, portanto, o foco de interesse desta ontologia. Grande parte das classes da *ma-ont* é possuidora de axiomas simples (20 axiomas frente a 47 termos compatibilizados), isto é, 42.6% contendo declarações de restrições como *owl:disjointWith*. Axiomas não ocorrem para as propriedades da *Media Ontology*, entretanto grande parte possui restrições de domínio e/ou de escopo (das 44 propriedades identificadas, 40 possuem restrições). As anotações são bem exploradas na *Media Ontology*, sendo 46 comentários frente a 47 termos compatibilizados (97.9%), apoiando o ontologista na tarefa de exploração semântica de seus elementos. A representação do conhecimento sobre mídias (imagens, vídeo e áudio) da ontologia não é organizada por módulos; a organização é feita em um único código por meio de subclasses específicas (*Image*, *VideoTrack* e *AudioTrack*). Finalmente, pela simplicidade em sua estrutura, com nomenclaturas claras (advindas de padrões de metadados referenciados) para suas classes e propriedades, além de comentários sobre as mesmas, não se apresentou dificuldades para analisar o código da ontologia no Protégé. Foram consumidas 24 horas para as tarefas de análise e interpretação dos dados concernentes a *Media Ontology*.

5.2 COMM: *Core Ontology for Multimedia*

A *Core Ontology for Multimedia*¹⁶⁰, conhecida como COMM, foi desenvolvida no ano de 2007 por um grupo de renomados pesquisadores nas áreas multimídia, bibliotecas digitais e Web Semântica, a saber: Richard Arndt, Raphael Troncy, Steffen Staab, Lynda Hardman e Miroslav Vacura (ARNDT et al., 2007; ARNDT et al., 2009). O pesquisador Raphael Troncy, por exemplo, é membro do W3C *Multimedia Annotation Interoperability Group*¹⁶¹, grupo responsável por desenvolvimento de trabalhos endereçados ao tratamento semântico de conteúdo multimídia na Web com metas voltadas à interoperabilidade, o que promove a referência da COMM no sítio *Multimedia Vocabularies on the Semantic Web* do W3C.

O propósito principal da ontologia COMM é fornecer uma conceituação fundamental (*core ontology*) para descrição multimídia cobrindo de maneira genérica um domínio em específico que lida com conteúdo multimídia. A ontologia é usada em projetos como o X-Media¹⁶² (*Large Scale Knowledge Sharing and Reuse Across Media*) e o K-Space¹⁶³ (*Knowledge Space of semantic inference for automatic annotation and retrieval of multimedia content*), ambos assistidos pela *European Commission*; além do Portal Semântico das Organizações Globo¹⁶⁴ e do projeto Espanhol Buscamedia¹⁶⁵.

A COMM buscou endereçar limitações do MPEG-7 no que diz respeito a processamento de anotações semânticas pela máquina, o que restringe a acessibilidade dos descritores multimídia por outros domínios (pelo fato de ser um padrão baseado em esquemas XML). Contudo, a equipe de desenvolvimento da ontologia reconhecendo que o MPEG-7 é uma base de conhecimento multimídia consolidada por esta comunidade, realizou uma reengenharia no padrão visando representar formalmente (em OWL DL) descritores selecionados MPEG-7 com a mesma convenção terminológica (VACURA et al., 2008). Outro diferencial da COMM em relação ao padrão MPEG-7 é a representação explícita (axiomatização) de conhecimento algorítmico para descrever funcionalidades e parâmetros relacionados à análise multimídia, como, por exemplo, algoritmos e parâmetros relacionados à produção de um segmento; à extração de características de baixo nível; e à anotação semântica. Na prática, a formalização desse tipo de conhecimento pode apoiar um algoritmo de análise de imagem na avaliação com precisão da existência de um objeto na mídia.

¹⁶⁰ <http://comm.semanticweb.org/>

¹⁶¹ <http://www.w3.org/2005/Incubator/mmsem/XGR-interoperability/>

¹⁶² <http://www.x-media-project.org/>

¹⁶³ http://www.image.ece.ntua.gr/php/rd_details.php?proj=51

¹⁶⁴ <http://www.slideshare.net/renangpa/introduo-a-web-semntica-e-o-case-da-globocom>

¹⁶⁵ <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/en/ontologies/224-buscamedia-ontologies-m3>

Segundo Arndt et al. (2009), a interoperabilidade semântica é uma das metas bem tratadas na COMM com a proposta de uma semântica formal para o MPEG-7, o que a diferencia de outras ontologias que, em sua maioria, propuseram alinhamentos ou traduções OWL frente a definições MPEG-7 estruturadas em XML *Schema*. A semântica formal contribui sobremaneira para o nível de abrangência da COMM em descrever qualquer aspecto relacionado a dado multimídia. A abrangência é alcançada pela utilização de princípios da engenharia de ontologias (GUIZZARDI, FALBO e GUIZZARDI, 2008), que sugere o emprego de ontologias de fundamentação e padrões de projeto de conteúdo ontológico (GANGEMI e PRESUTTI, 2009). Desse modo, a COMM busca viabilizar a sua ligação com ontologias de domínios específicos (por exemplo, uma ontologia no domínio do futebol) por meio de definições axiomatizadas de conceitos de alto nível oriundos da ontologia de fundamentação.

O projeto da COMM se orientou a partir das partes do padrão MPEG-7 e organizou a ontologia em módulos, a saber: i) descritores relacionados a um tipo de mídia específico (ex. visual, áudio ou texto); ii) descritores genéricos para uma mídia particular; e iii) tipos de dados abstratos para suas realizações técnicas. Os módulos resultaram na partição de arquivos¹⁶⁶ OWL da seguinte forma: i) *multimedia-ontology.owl*: arquivo principal da ontologia, o qual é responsável pela integração dos módulos existentes; ii) *core.owl*: módulo central para conhecimento multimídia; iii) *visual.owl*: módulo centrado em características visuais; iv) *text.owl*: módulo centrado em características relativas a texto; v) *media.owl*: módulo centrado em características gerais de mídia; vi) *localization.owl*: módulo centrado em características concernentes a localização de objetos multimídia; e vii) *datatype.owl*: módulo para definição de tipos de dados.

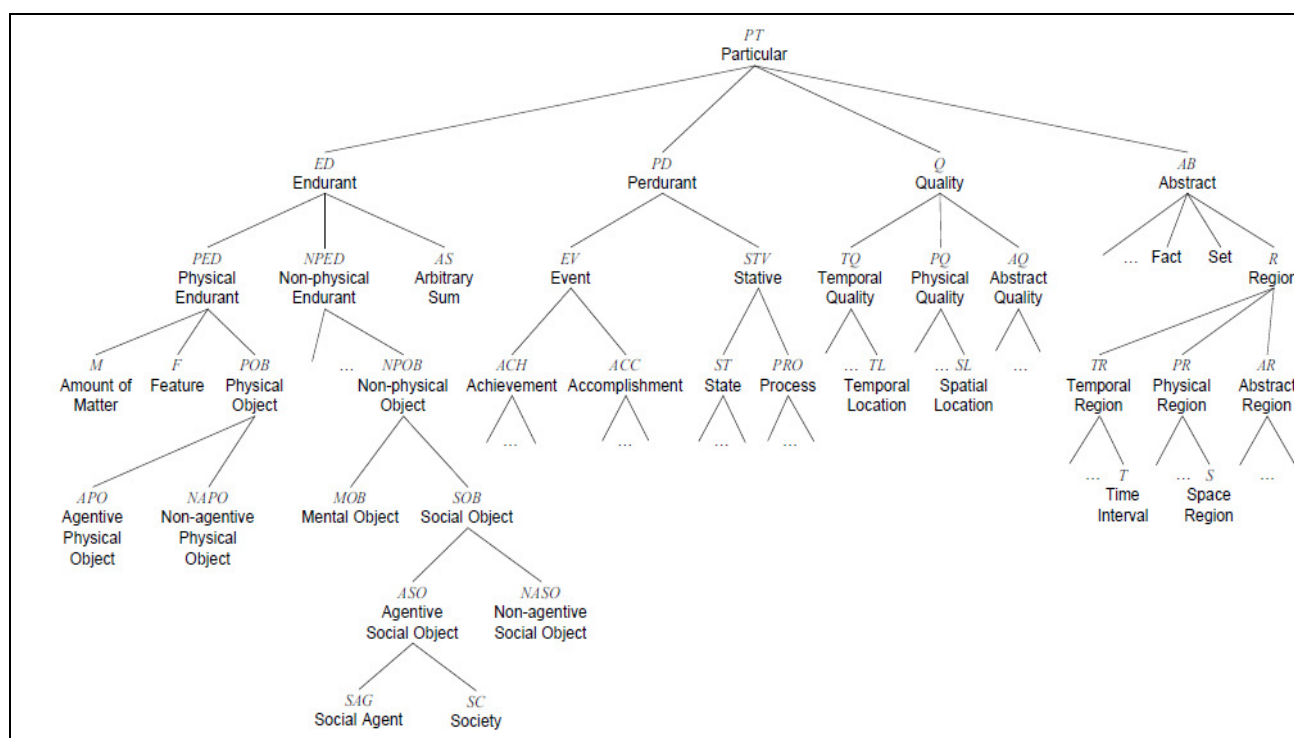
A DOLCE é a ontologia de fundamentação usada pela COMM, cuja abordagem cognitiva compreende categorias ontológicas fundamentadas na linguagem natural e no senso comum humano. Desse modo, a DOLCE considera o termo “categorias” como artefatos cognitivos estritamente dependentes da percepção humana. A sua estrutura ontológica abrange uma rica axiomatização, incluindo ao todo 37 categorias básicas, 7 relações básicas, 80 axiomas, 100 definições e 20 teoremas (MASOLO et al., 2003).

A Figura 41 apresenta a taxonomia das categorias mais básicas de particulares¹⁶⁷ contidas na DOLCE.

¹⁶⁶ Apesar de o sítio oficial de hospedagem da COMM se encontrar sem acesso e suporte, os arquivos owl foram obtidos através de um *link* disponível para *download*.

¹⁶⁷ Na DOLCE, a distinção ontológica fundamental entre universais e particulares é realizada tomando a relação de instanciação como uma primitiva. Assim, particulares são entidades que não possuem instâncias e os universais as possuem. Propriedades e relações (correspondentes aos predicados da linguagem lógica) são consideradas universais (MASOLO, 2003).

Figura 41 - Taxonomia de conceitos da DOLCE



Fonte: Masolo et al. (2003, p.14)

As categorias básicas estão representadas como nós da taxonomia, incluindo seu nome e um acrônimo para descrevê-la, como, por exemplo, *Non-Agentive Physical Object* (NAPO). O Quadro 14 relaciona alguns exemplos para cada categoria da taxonomia da DOLCE.

Quadro 14 - Exemplos de categorias básicas da DOLCE

Categorias básicas	Exemplos
Abstract Quality	O valor de um ativo.
Abstract Region	O valor convencional de 1 Euro.
Accomplishment	Uma conferência, um desempenho.
Achievement	Alcançando o cume do K2.
Agentive Physical Object	Uma pessoa física (ao contrário de uma pessoa jurídica).
Amount of Matter	Um pouco de ar; algum cimento; algum ouro.
Arbitrary Sum	Meu pé esquerdo; meu carro.
Feature	Um buraco, um abismo, uma abertura, um limite.
Mental Object	Uma percepção; um dado do sentido.
Non-agentive Physical Object	Uma casa, um computador, um corpo humano.
Non-agentive Social Object	Uma lei, um sistema econômico, uma moeda, um ativo.
Physical Quality	O peso de uma caneta, a cor de uma maçã.
Physical Region	Uma área de um espectro de cor.
Process	Correr, escrever, estudar.
Social Agent	Uma pessoa (legal); um instrumento de contrato.
Society	Fiat, Apple.
State	Ser feliz, ser vermelho, ser aberto.
Temporal Quality	A duração da primeira guerra mundial; o período de início das olimpíadas do ano 2000.
Temporal Region	O eixo do tempo, 22 de Junho de 2012, um segundo.

Fonte: adaptado de Masolo (2003, p15).

Arndt et al. (2009) justificam a escolha da ontologia de fundamentação DOLCE pela influência de dois importantes padrões de projeto de ontologia, a saber: i) *Description and*

Situations (D&S); e ii) *Ontology for Information Object* (OIO). O primeiro pode ser usado para formalizar conhecimento contextual; e o segundo, baseado no D&S, implementa um modelo semiótico da teoria da comunicação com propósito de modelar diferentes aspectos semânticos envolvendo metadado multimídia como, por exemplo, descrição de decomposição, conteúdo, mídia e significado transmitido.

Ressalta-se que não faz parte do escopo dessa tese o aprofundamento teórico acerca das ontologias de fundamentação, em especial a DOLCE, sendo, de antemão, uma proposta de pesquisa futura, conforme será tratado no capítulo 9. Entretanto, como os conceitos do domínio multimídia concernentes a COMM estão classificados na taxonomia das categorias da DOLCE, torna-se relevante a sua apresentação e elucidação de suas principais categorias a fim de uma compreensão geral de sua estrutura.

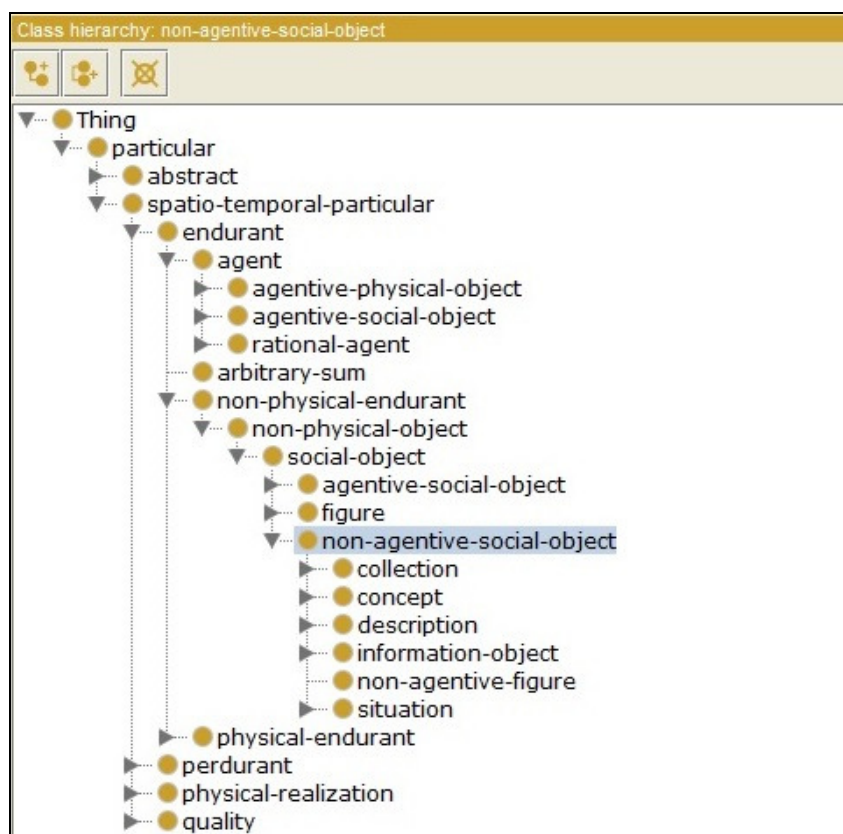
Para os autores da COMM, tanto a decomposição de uma entidade de dado multimídia quanto o processo de anotação podem ser considerados uma *situação*¹⁶⁸ que necessita ser descrita. Entretanto, os padrões supracitados não são suficientemente especializados para o domínio de anotação multimídia. Desse modo, houve a necessidade de estendê-los para representar conceitos MPEG-7 providos de duas importantes funcionalidades de descrição multimídia: a decomposição de recursos de mídia e a anotação (semântica) de suas partes, respectivamente modelados na COMM como *Decomposition pattern* (padrão de decomposição) e *Annotation patterns* (padrões de anotação).

Os padrões de projeto multimídia formam o centro da arquitetura modular da COMM. O *padrão para decomposição* orienta a estrutura de um documento multimídia, enquanto os *padrões de anotação da mídia*, de *anotação de conteúdo* e de *anotação semântica* são úteis para anotar, respectivamente, a mídia, as características e o conteúdo semântico do documento multimídia.

A Figura 42 ilustra a taxonomia COMM tida como ponto de partida na análise desta ontologia, na qual os padrões de projeto da DOLCE e suas extensões multimídia mencionadas encontram-se especializados por meio da classe *non-agentive social object* e suas subclasses *description*, *information-object* e *situation*.

¹⁶⁸ Cada situação representa o estado das coisas de todos os dados relacionados: os dados reais multimídia anotados bem como os metadados.

Figura 42 - Taxonomia central de conceitos da COMM



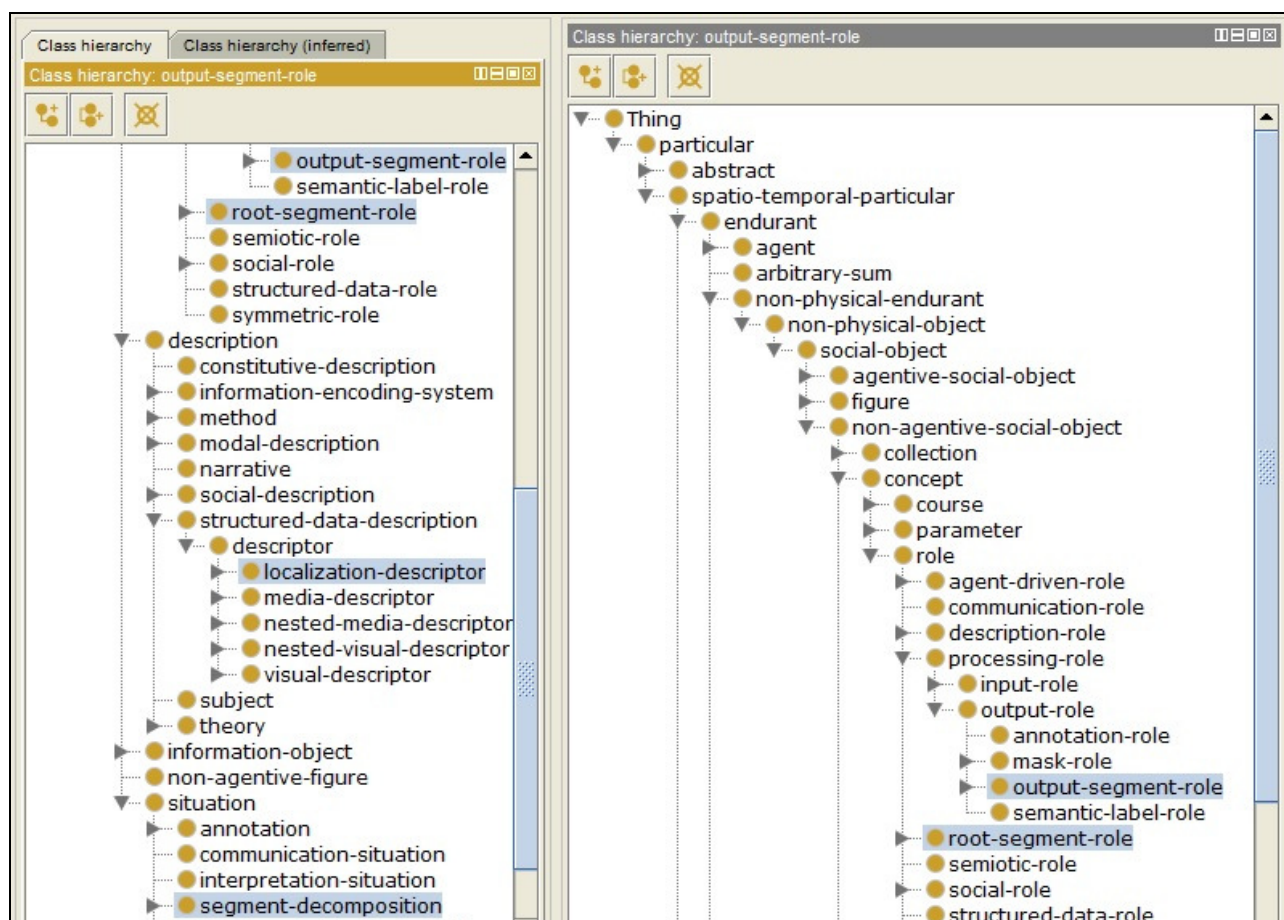
Fonte: captura de tela do software Protégé.

A decomposição de conteúdo multimídia é considerada como uma situação que satisfaz uma descrição fornecida por um algoritmo¹⁶⁹ ou método aplicado na execução da segmentação. O segmento pode se referir a região de uma imagem, uma parte de um texto, uma cena temporal de um vídeo ou mesmo um objeto em movimento registrado durante um período de tempo. As principais classes conceituais advindas do padrão de decomposição de conteúdo multimídia são a *core:output-segment-role*, a *core:root-segment-role*, a *localization:localization-descriptor* e a *core:segment-decomposition*. A primeira tem o papel de representar um segmento em um processo de decomposição. A segunda designa o papel das decomposições hierárquicas para imagens, textos e vídeos. A terceira reflete a necessidade em localizar segmentos ou regiões específicas em imagens, sequências temporais de vídeos ou registros de objetos em movimento no espaço e no tempo. E a quarta retrata o conceito de decomposição elucidado acima.

A taxonomia exibida na Figura 43 indica as classes centrais do padrão de decomposição da COMM. A estrutura exibida à direita na figura mostra detalhes da taxonomia fundamentada na DOLCE que comporta os padrões indicados.

¹⁶⁹ Os papéis definidos pelos algoritmos codificam o significado dos dados. Qualquer algoritmo define ao menos um *input-role* e um *output-role*, sendo ambos desempenhados por um *digital-data* (ARNDT et al., 2009).

Figura 43 - Taxonomia das classes centrais do padrão de decomposição da COMM



Fonte: captura de tela do software Protégé.

As anotações são usadas para descrever um segmento. Os descritores¹⁷⁰ da COMM envolvidos na descrição multimídia podem contemplar: características de baixo nível envolvendo recursos visuais e de áudio (metadados dependentes de conteúdo); características abstratas endereçadas ao conteúdo do documento multimídia (metadados descritivos de conteúdo); e características do próprio recurso de mídia (metadados independentes de conteúdo).

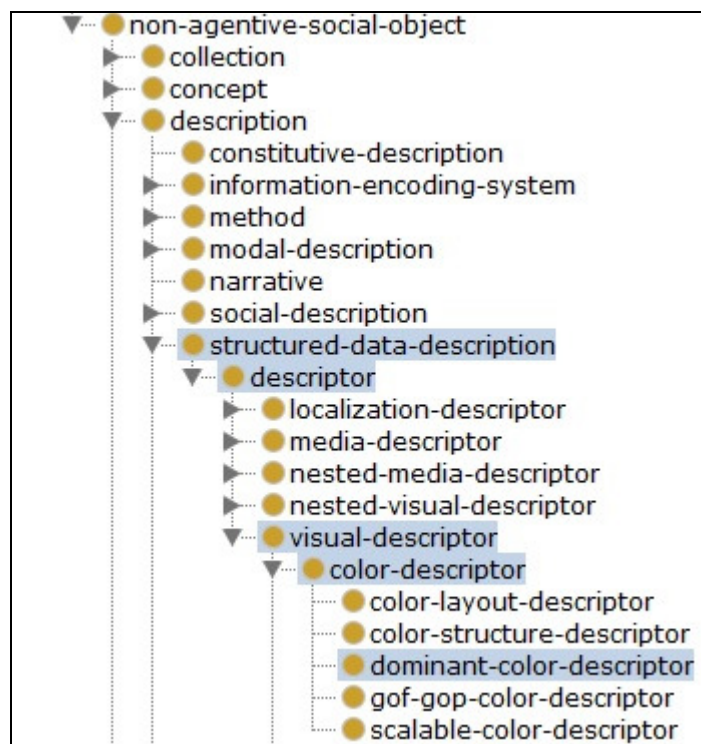
O *padrão de anotação de conteúdo* formaliza a ligação do metadado ao dado multimídia (*multimedia-data*¹⁷¹) anotado. As entidades de dados digitais (*digital-data*) representam o metadado anexado, o qual desempenha o papel de anotação (*annotation-role*), bem como o dado multimídia que está sendo anotado, os quais são considerados *information-objects* e usados para comunicação entre máquinas. Os papéis desempenhados por tais entidades são definidos por métodos ou algoritmos, sendo o primeiro usado para expressar anotação manual (ou semiautomática), enquanto o segundo serve como uma explanação para a ligação de características processadas automaticamente pela máquina, tais como o descritor *dominant color* de uma imagem

¹⁷⁰ As partes de Navegação e Acesso do MPEG-7 não foram consideradas no escopo da COMM, entretanto seus autores afirmam que tais partes podem ser formalizadas de forma análoga para outros descritores por meio da definição de novos padrões multimídia, tornando, portanto, a ontologia extensível.

¹⁷¹ *Multimedia-data* é um conceito abstrato que tem sido especializado para tipos de conteúdo multimídia concreto (ex.: *image-data* corresponde a uma matriz de pixel de uma imagem). De acordo com o padrão OIO, *multimedia-data* é realizado por alguma mídia física (ex.: uma imagem) (ARNDT et al., 2009).

estática. Torna-se obrigatório que a entidade *multimedia-data* seja anotada desempenhando um papel de dado anotado (*annotated-data-role*). Grande parte dos descritores para este padrão encontra-se organizado na classe *structured-data-description* especializada na *structured-data-parameter*. A Figura 44 exibe a taxonomia relativa ao conceito *dominant color* que segue o padrão de anotação de conteúdo da COMM.

Figura 44 - Taxonomia do padrão de anotação de conteúdo da COMM

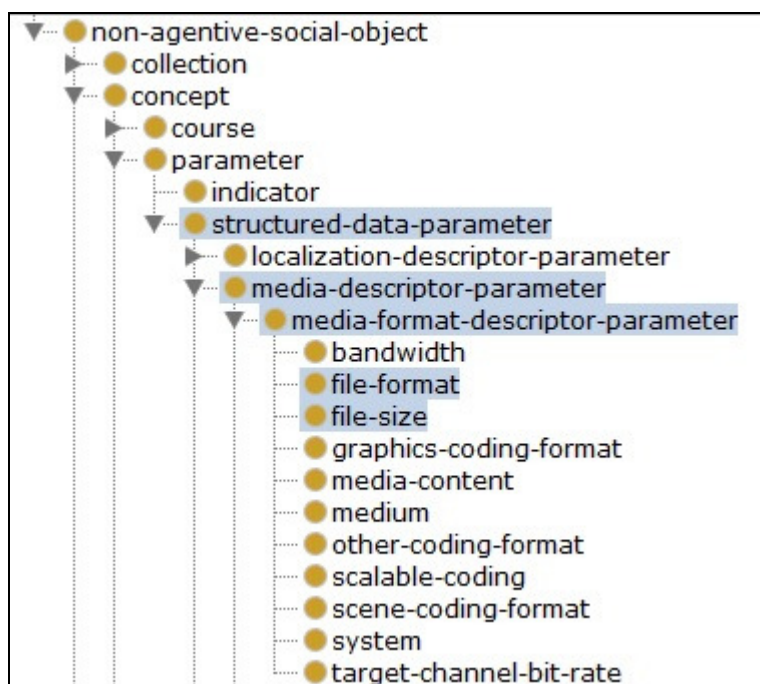


Fonte: captura de tela do software Protégé.

O padrão de anotação de mídia forma a base para descrever as instâncias físicas de conteúdo multimídia, diferindo do padrão de anotação de conteúdo no aspecto de que é a própria mídia que está sendo anotada, desempenhando, portanto, este papel (*annotated-media-role*). Um exemplo seria a representação de um conteúdo visual, tal como uma imagem de uma câmara digital, realizada por uma imagem JPEG com certo tamanho de *bytes*. Grande parte dos descritores para este padrão encontra-se organizado na classe *structured-data-parameter*.

A Figura 45 exibe a taxonomia relativa ao conceito *media-format-descriptor-parameter* que segue o padrão de anotação de mídia da COMM.

Figura 45 - Taxonomia do padrão de anotação de mídia da COMM



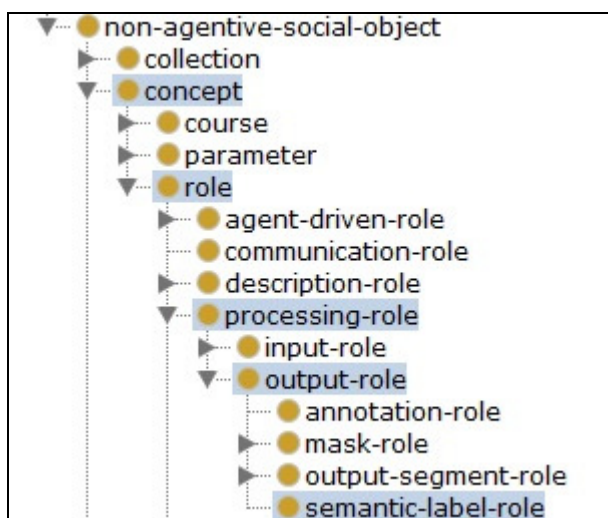
Fonte: captura de tela do software Protégé.

O *padrão de anotação semântica* especializa o padrão de anotação de conteúdo, permitindo a conexão entre descrições multimídia e descrições de domínio fornecidas por ontologias de mundos independentes. Isto ocorre pelo fato de um *framework* de anotação multimídia baseado em ontologia precisar lidar com ontologias de domínios específicos para a representação de entidades de mundo real que podem estar retratadas em arquivos multimídia. Neste caso, o dado retratado (um *OWL Thing* ou um *DOLCE particular*) desempenha o papel de *semantic-label-role*¹⁷², cujo uso indica que certa instância de uma ontologia de domínio é considerada como um rótulo semântico para uma parte de um dado multimídia numa situação de anotação semântica.

A Figura 46 exibe a taxonomia relativa ao conceito *semantic-label-role* que segue o padrão de anotação semântica da COMM.

¹⁷² Anotação da classe (extraída do *software* Protégé): This role is played by particulars / things of a domain ontology. The role is used to indicate that a certain instance of a domain ontology has to be considered as a semantic label for a piece of multimedia data within a semantic annotation situation.

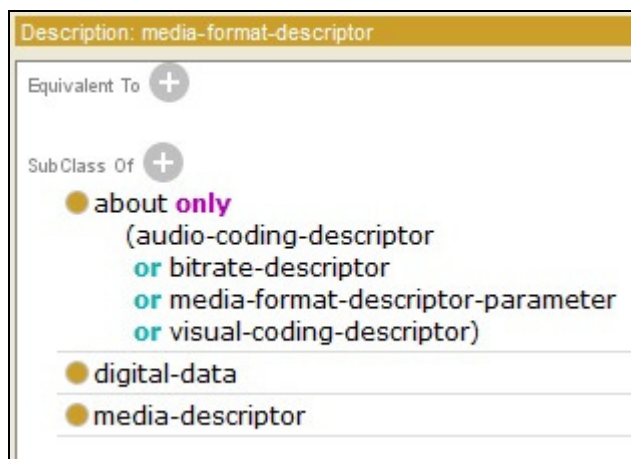
Figura 46 - Taxonomia do padrão de anotação semântica da COMM



Fonte: captura de tela do software Protégé.

A interoperabilidade semântica e sintática da ontologia COMM é alcançada pela sua formalização em OWL DL, que, de forma similar à sua ontologia de fundamentação¹⁷³, possui uma rica axiomatização para cada padrão multimídia usando lógica de primeira ordem (ARNDT et al., 2009). A Figura 47 apresenta um exemplo de axiomatização na definição da classe *media:media-format-descriptor* em que todos os indivíduos pertencentes a esta classe devem fazer referência (representado pela propriedade de objeto *references.about*) apenas a uma instância pertencente às classes especificadas entre parênteses; além de *media-format-descriptor* ser uma especialização dos conceitos *digital-data* e *media-descriptor*.

Figura 47 - Axiomatização da classe media-format-descriptor da COMM



Fonte: captura de tela do software Protégé.

A ontologia COMM possui documentação sobre as características de sua estrutura manifestada em artigos publicados por seus autores (ARNDT et al., 2007; ARNDT et al., 2009; VACURA et al., 2008) e em sites destinados a projetos envolvendo ontologias que praticam reuso dos módulos da COMM, como é o caso do projeto Buscamedia e sua ontologia multimídia *M3 multimedia*. A documentação foi considerada satisfatória no quesito elucidação da conceituação da

¹⁷³ Disponibilizada sem axiomas na versão analisada.

ontologia, isto é, explicitando com clareza as decisões de modelagem acerca do padrão MPEG-7, assim como dos conceitos, propriedades e relações organizadas nas classes oriundas da DOLCE e padrões multimídia estendidos. E em relação à disposição de testes, não foi encontrado indício na documentação.

A análise de conteúdo da representação do conhecimento da COMM foi considerada custosa em termos de esforço no entendimento da complexa estrutura taxonômica de conceitos abstratos advindos da DOLCE e padrões multimídia estendidos. Foram consumidas 32 horas para as tarefas de análise e interpretação dos conceitos multimídia frente aos requisitos da pesquisa. As evidências da análise são descritas como se segue.

A COMM cobre parcialmente os requisitos multimídia determinados na pesquisa, isto é, dos 120 requisitos, 58 são cobertos pela ontologia (48.3%). *Os metadados independentes de conteúdo* são os mais representativos na ontologia (59.4%), destacando que características como classificação e uso da mídia tiveram uma cobertura baixa. *Os metadados dependentes de conteúdo* vêm em seguida com uma cobertura de 45.5%, sendo bem representados por características visuais, tais como cor, textura, forma, movimento e localizações espaço temporais em imagem e vídeo. As características de baixo nível para áudio não são cobertas pela COMM, entretanto os autores ressaltam que, por ser a COMM uma ontologia extensível, torna-se possível a criação de novos descritores desta natureza¹⁷⁴. Os conceitos envolvendo áudio na COMM são representados por metadados técnicos (considerados nesta pesquisa como *independentes de conteúdo*) para descrição de mídia, tais como descritores para canais e codificação de áudio. E os *metadados descritivos de conteúdo* tiveram uma cobertura de 43.2%, sendo bem representados pelos padrões multimídia de decomposição (com exceção para a modalidade de áudio e audiovisual) e de anotação semântica da COMM. Para este último, a COMM introduz a classe *semantic-label-role*, conceito este não contemplado exclusivamente pelo padrão MPEG-7. Contudo, o descritor MPEG-7 *TextAnnotation*, destinado a anotações textuais livres e estruturadas para elementos comuns de segmentos, pode ser compatibilizado (num aspecto de compatibilização relacionada) com este conceito da COMM numa situação de representação de instâncias de ontologias de domínios específicos com papéis de rótulos semânticos para segmentos multimídia. Os metadados associados à personalização de conteúdo e a características de alto nível envolvendo áudio não são cobertos pela COMM.

Na versão analisada da COMM, constatou-se que os conceitos da DOLCE e de seus padrões de projeto não foram disponibilizados com axiomas. Os axiomas disponibilizados são endereçados a maioria das classes dos padrões multimídia estendidos, sendo identificados 33 axiomas (56.9%) na terminologia compatibilizada com declarações lógicas bem elaboradas nas especificações de suas subclasses. Por outro lado, as anotações são bem representadas (91.4%) nos

¹⁷⁴ Conferir a taxonomia do padrão OIO: *information-object . digital-data . multimedia-data . audio-data*

elementos ontológicos da COMM por meio de comentários, que, em sua maioria, indicam a fonte documental para equiparações com conceitos MPEG-7. Finalmente, as restrições de propriedades não foram identificadas (com exceção de 1 apenas) em função de as características multimídia da COMM estarem representadas quase que exclusivamente pelas classes. As propriedades de objetos, ou seja, as relações presentes na COMM são oriundas de sua ontologia de fundamentação, a DOLCE, e seus padrões de projeto, como é o caso da *dolce-very-lite:participant* que relaciona participantes das classes endurantes e perdurantes. Na análise, tal relação foi compatibilizada com o descritor *mpeg-7:SemanticBag.Graph* que descreve um conjunto de nós, apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações semânticas especificando o relacionamento entre os nós.

5.3 BOEMIE: *Multimedia Content Ontology and Multimedia Descriptors Ontology*

O projeto Boemie¹⁷⁵ (*Bootstrapping Ontology Evolution with Multimedia Information*) foi organizado e constituído por membros vinculados a Centros de Pesquisa Europeus¹⁷⁶ interessados em análise semântica multimídia, a saber: Kalliopi Dalakleidi, Stamatia Dasiopoulou, Giorgos Stoilos, Vassilis Tzouvaras (membro do W3C *Multimedia Annotation Interoperability Group*) e Yiannis Kompatsiaris. O projeto almejou o desenvolvimento de ontologias multimídia e de domínios específicos com o propósito de representar semântica multimídia dentro de um cenário de aplicação integrada contemplando representação e aquisição de conhecimento, raciocínio, evolução de ontologia multimídia, recuperação e apresentação. A representação de semântica multimídia endereça características de mídia, tais como estrutura de conteúdo, descritores de baixo nível, e características de um domínio específico. O projeto teve seu início no ano de 2006 e relatório final publicado no ano de 2008 (DASIOPOULOU et al., 2008).

A infraestrutura do projeto Boemie foi desenvolvida para fornecer recursos destinados a gerenciamento e combinação de informações específicas de um domínio e relacionadas à multimídia, permitindo: i) anotação semântica de documentos multimídia após a extração de conteúdo de baixo nível; ii) enriquecimento de anotação de documentos multimídia pelo fornecimento de definições para conceitos complexos (alto nível) utilizados por serviços de raciocínio; iii) apresentação e recuperação de documentos multimídia; e iv) evolução e processo de aprendizagem por meio de uma infraestrutura modular e padronizada baseada em ontologias.

O modelo ontológico desenvolvido para a infraestrutura do projeto Boemie consiste de algumas ontologias inter-relacionadas e interligadas que podem ser classificadas em duas categorias, a saber: i) ontologias multimídia; e ii) ontologias de domínio. Em (i) têm-se a

¹⁷⁵ <http://www.boemie.org/> (acesso indisponível até o presente momento da pesquisa).

¹⁷⁶ National Centre for Scientific Research - Demokritos (NCSR); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FHG/IMK); University of Milano (UniMi); Centre for Research and Technology Hellas (CERTH); Hamburg University of Technology (TUHH); Tele Atlas (TA).

Multimedia Content Ontology (MCO) e a *Multimedia Descriptors Ontology* (MDO). A MCO representa informação concernente à estrutura de conteúdo e a MDO representa informação numérica de baixo nível extraída por meio de ferramentas de análise e extração. Em (ii) têm-se a *Athletics Events Ontology* (AEO) e a *Geographic Information Ontology* (GIO). A AEO descreve o domínio de interesse do projeto Boemie relacionado a eventos públicos de atletismo e a GIO descreve informação geográfica. Os arquivos owl referentes às quatro ontologias foram adquiridos no sítio¹⁷⁷ do *Multimedia Knowledge and Social Media Analytics Laboratory* pertencente ao *Information Technologies Institute*. Num primeiro momento, tentou-se obter acesso às ontologias pelo sítio oficial do projeto, mas o mesmo até o momento da pesquisa encontrava-se sem acesso e suporte. Em consequência, entrou-se em contato por e-mail com os autores das ontologias e obteve-se êxito no retorno e na orientação de acesso ao material por um de seus desenvolvedores, Yiannis Kompatsiaris.

A arquitetura modular do projeto Boemie traz vantagens ao processo de anotação multimídia pelo fato de as características de estruturação multimídia ser independentes de conteúdo e comuns para documentos desta natureza. Outra vantagem é a interconexão entre as ontologias de mesma categoria bem como entre ontologias multimídia e de domínio. A seguir as características das ontologias multimídia envolvidas no projeto Boemie (DALAKLEIDI, 2011) e de interesse para a pesquisa são apresentadas.

A *Multimedia Content Ontology* (arquivo mco_v2_15.owl) endereça características estruturais (ex. decomposição semântica) pertencentes a diferentes tipos de conteúdo multimídia, permitindo embutir anotações em partes específicas da mídia (ex. *track* de áudio, segmento de vídeo, imagem), além de manusear semânticas parte-todo, como, por exemplo, a imagem de um atleta (parte) segmentada de uma imagem retratando um torneio olímpico (todo). Desse modo, a MCO fornece meios para capturar e representar conhecimento sobre decomposição multimídia, dando suporte a desambiguação de anotação multimídia, a recuperação, a troca e a compartilhamento de metadados endereçados à mídia, bem como serviços de inferência por meio de sua linguagem de representação formal, a OWL DL. A construção da MCO foi baseada nas seguintes representações:

- Tipos diferentes de conteúdo multimídia: áudio, audiovisual, legenda, imagem legendada, imagem, texto, vídeo e página Web.
- Relações lógicas entre conteúdo multimídia, como, por exemplo, uma página Web é composta de um extrato de texto, duas imagens e uma faixa de áudio.
- Semântica na decomposição de tipos de mídia correspondentes em suas partes constituintes, de acordo com o nível de anotações produzidas como, por

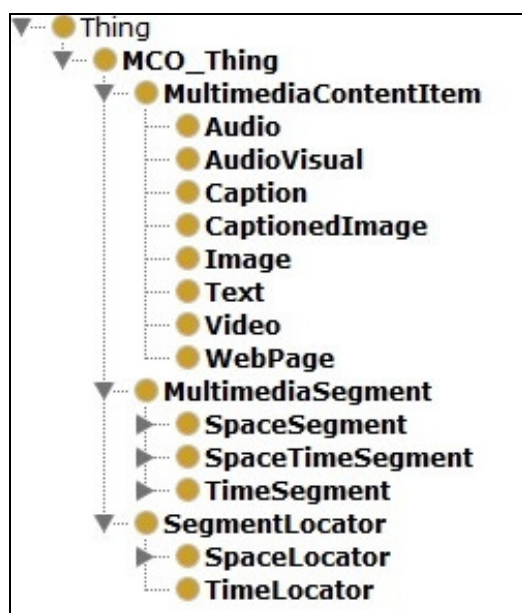
¹⁷⁷ <http://mklab.itι.gr/project/boemieontology>

exemplo, um vídeo que pode ser decomposto em vários segmentos baseados em cenas, que por sua vez são decompostas em quadros ou regiões em movimento. Neste caso, informações mais detalhadas sobre a localização de mídias são requeridas.

- Relações que associam conteúdo multimídia a entidades semânticas veiculadas, como, por exemplo, um rosto de uma pessoa retratado em uma imagem.

A conceituação da MCO pode ser visualizada na Figura 48 que apresenta as suas principais classes, incluindo: a *mco:MultimediaContentItem*, que representa em sua especialização os vários tipos de modalidade de conteúdo único (ex. Audio) e múltiplo (ex. AudioVisual); a *mco:MultimediaSegment*, que representa os diferentes tipos de segmentos pelos quais os vários recursos de mídia podem ser decompostos (especialmente, temporalmente e espaço temporalmente); e a *mco:SegmentLocator*, que representa informação sobre os vários meios para identificar e designar um segmento particular.

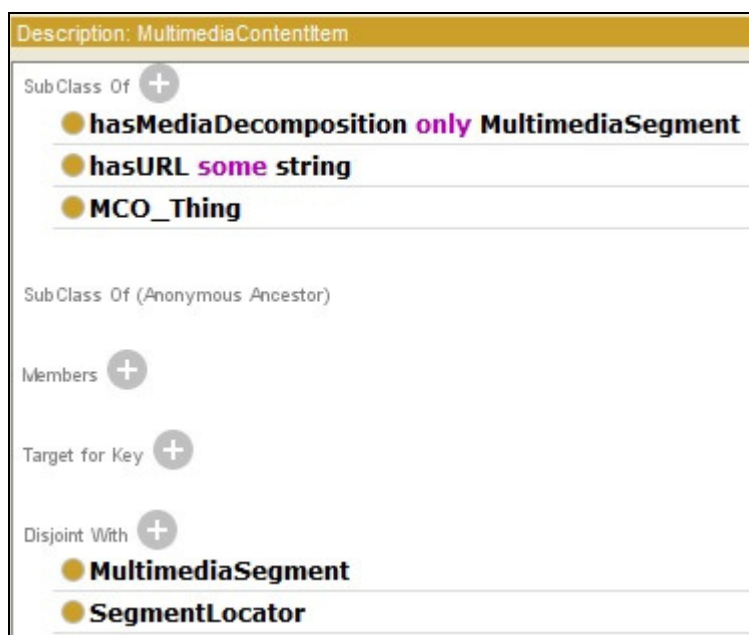
Figura 48 - Taxonomia de classes da MCO



Fonte: captura de tela do software Protégé.

A Figura 49 apresenta um exemplo de axiomatização da classe *MultimediaContentItem* com as seguintes restrições: todos os itens de conteúdo multimídia são especializações da classe *MCO_Thing*; todos os itens de conteúdo multimídia devem ser decompostos (representado pela propriedade de objeto *hasMediaDecomposition*) apenas (declaração *only*) por uma instância pertencente à classe *MultimediaSegment*; todos os itens de conteúdo multimídia devem possuir ao menos (declaração *some*) uma URL em formato de tipo *string* (representado pela propriedade de tipo de dado *hasURL*); e as instâncias pertencentes à classe *MultimediaContentItem* não podem pertencer às classes *MultimediaSegment* e *SegmentLocator* (declaração *Disjoint With*).

Figura 49 - Axiomatização da classe MultimediaContentItem da MCO



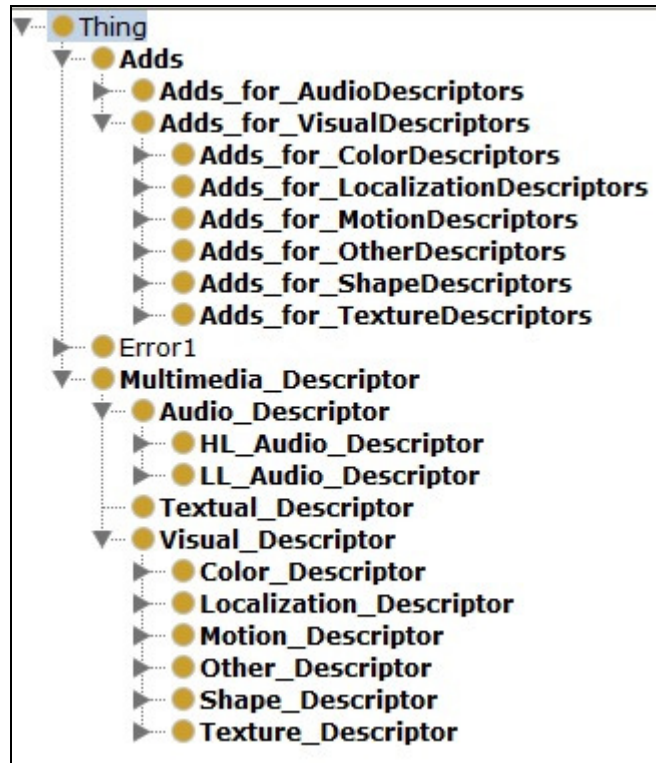
Fonte: captura de tela do software Protégé.

A implementação da MCO é baseada no padrão MPEG-7, especialmente nas especificações advindas da parte 5 (*Multimedia Description Schemes*), fornecendo uma ampla cobertura sistemática de esquemas de decomposição de conteúdo multimídia. Entretanto, a MCO enriquece formalmente a sua estrutura por meio de axiomas OWL (conforme ilustrado na Figura 49) a fim de evitar ambiguidades inerentes aos descritores MPEG-7. Por fim, a definição de vários tipos de segmentos e conteúdos é logicamente fundamentada em esquemas de decomposição aplicáveis e informações de localização necessárias para as identificações de fragmentos de mídia.

A *Multimedia Descriptors Ontology* (arquivo *mdo.owl*) endereça conhecimento relacionado à representação de conteúdo multimídia de baixo nível como, por exemplo, características de sinais de áudio ou a cor dominante de um quadro de vídeo. A ontologia de descritores foi projetada baseada em dois princípios, a saber: i) ampla cobertura para as partes 3 e 4 (Visual e de Áudio) do padrão MPEG-7; e ii) apoio para os requisitos específicos do projeto Boemie em relação às modalidades endereçadas e ferramentas utilizadas.

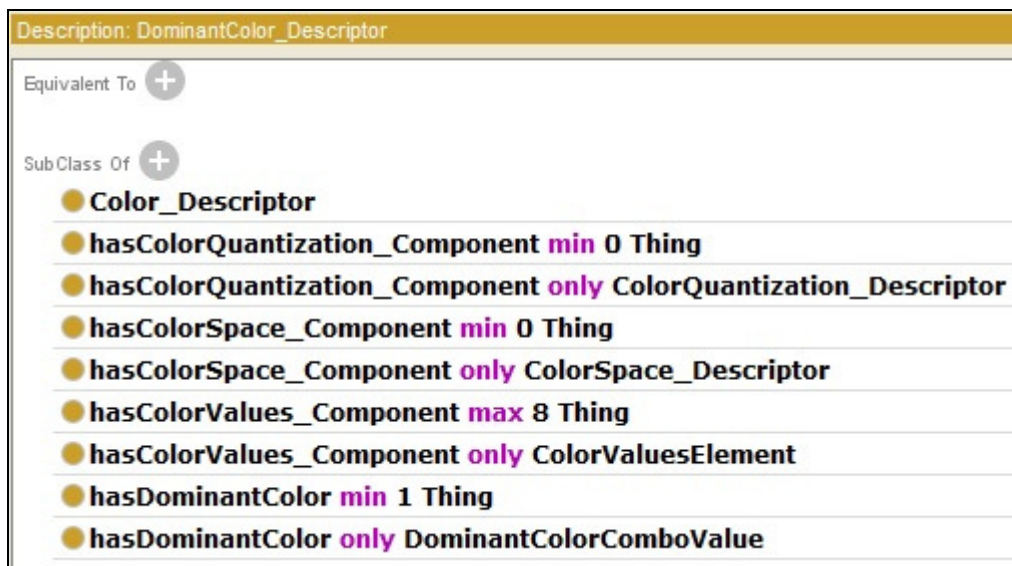
A conceituação da MDO pode ser visualizada na Figura 50 que apresenta as suas principais classes, incluindo: a *mdo:MultimediaDescriptor*, que especializa diferentes modalidades representadas pelas classes *mdo:Audio_Descriptor* (especializada em conceitos de áudio de alto nível e de baixo nível), *mdo:Textual_Descriptor* e *mdo:Visual_Descriptor* (especializada em conceitos de cor, localização, movimento, forma e textura); e a *mdo:Adds*, que busca modelar restrições aplicadas em várias classes especializadas da *mdo:Visual_Descriptor*, como é o caso das classes auxiliaadoras que ajudam na modelagem de descritores de cor (*Adds_for_Color Descriptors*).

Figura 50 - Taxonomia de classes da MDO



Fonte: captura de tela do software Protégé.

A Figura 51 apresenta um exemplo de axiomatização envolvendo a definição da classe *mdo:DominantColor_Descriptor* que possui declarações lógicas em suas propriedades, incluindo cardinalidade mínima e máxima (ex. *hasColorValues_Component max 8 Thing*) e quantificador universal (ex. *hasColorSpace_Component only ColorSpace_Descriptor*).

Figura 51 - Axiomatização da classe *DominantColor_Descriptor* da MDO

Fonte: captura de tela do software Protégé.

A integração das duas ontologias multimídia, bem como a integração com (e entre) as ontologias de domínio, foi promovida por um modelo semântico multimídia. O modelo representa uma rede de relações estrutural, espacial e temporal divididas em três categorias, a saber: i) relações

entre conceitos das ontologias multimídia; ii) relações entre conceitos de ontologias de domínio; e iii) relações entre conceitos das ontologias multimídia e das ontologias de domínio.

Em (i) as relações combinam informações sobre aspectos estruturais de documentos multimídia e características de baixo nível envolvendo objetos multimídia. Um exemplo desse tipo de relação é o *mdo:isDescriptorOf*, que liga instâncias de descritores, definidas na MDO, com instâncias de segmentos multimídia, definidas em MCO. Em (ii) as relações ligam informações sobre eventos de atletismo com dados de mapa (informações sobre áreas geográficas e geopolíticas) considerados como lugar (ex. *aco:takesPlaceIn*). E em (iii) as relações ligam aspectos estruturais de objetos multimídia com seus conteúdos específicos de domínio como, por exemplo, a relação *mco:depicts*, que liga instâncias de segmentos multimídia, definidas em MCO, com instâncias de conceitos definidas nas ontologias AEO ou GIO.

As ontologias multimídia pertencentes ao projeto Boemie possuem uma documentação satisfatória envolvendo suas estruturas de conhecimento ou conceituações. A documentação encontra-se registrada em artigos publicados por seus autores (DALAKLEIDI, 2011), em relatório final de projeto (DASIOPOULOU, 2008), em sítio destinado ao próprio projeto Boemie (já referenciado) e em repositórios envolvendo ontologias que praticam reúso de seus módulos, como é o caso da ontologia *M3 multimedia* que pratica reúso da MDO. No que diz respeito à disposição de testes para as ontologias multimídia, não foi encontrado indício na documentação.

Os resultados da análise de conteúdo das ontologias multimídia pertencentes ao projeto Boemie foram obtidos com tranquilidade, porém, pela extensão da lista de requisitos da pesquisa, foram consumidas 24 horas para as tarefas de análise e interpretação dos conceitos multimídia envolvidos. A facilidade em se chegar aos conhecimentos requeridos para análise se deu em decorrência da arquitetura ontológica modularizada do projeto e pelo fato de a nomenclatura conceitual provir do padrão MPEG-7. Nesse sentido, os *metadados descritivos de conteúdo* foram pesquisados, em sua maioria, na ontologia MCO; os *metadados dependentes de conteúdo* inspecionados na MDO; e somente para os metadados *independentes de conteúdo* ocorreu certa dificuldade em explorá-los pelo fato de a documentação não mencionar descritores desta natureza, e, a partir disso, foi necessário inspecionar as duas ontologias a fim de se checar uma possível cobertura. Finalmente, a MCO é a ontologia que cobre de forma mínima os metadados independentes de conteúdo, conforme pode ser evidenciado nos resultados descritos a seguir.

Primeiramente, torna-se importante salientar que a versão da ontologia MCO obtida por orientação de um de seus autores, não corresponde em algumas partes de sua estrutura de conhecimento com a versão elucidada na documentação. A impressão que permanece é de que a documentação datada de 2008 está mais atualizada (portanto, com uma possibilidade de cobertura maior frente aos requisitos) do que a versão analisada nesta pesquisa.

As ontologias multimídia do projeto Boemie cobrem parcialmente os requisitos multimídia determinados na pesquisa, isto é, dos 120 requisitos, 42 são cobertos (35%). Os *metadados independentes de conteúdo* são os menos representativos (15.6%), contando com um número mínimo de descritores (5) destinados a informação sobre local de acesso a mídia e arquivo de mídia. Os *metadados descritivos de conteúdo* tiveram um índice de cobertura de 34.1% (15), com representação satisfatória nas características de segmentação multimídia advindas da ontologia MCO. Apesar de a ontologia do domínio de eventos de atletismo (*Athletics Events Ontology*) possuir algumas classes relacionadas a metadados para semântica de conteúdo, a análise desta ontologia não foi considerada no escopo metodológico desta tese. O motivo seria pelo fato de a análise ser direcionada no âmbito de uma ontologia multimídia que possua, em sua própria estrutura, uma estratégia de modelagem endereçada à representação descritiva de conteúdo semântico multimídia. Características de navegação e acesso, organização de conteúdo e interação de usuário (metadados para personalização de conteúdo) não são cobertas pelo projeto Boemie. Apesar de a taxonomia da ontologia MDO ter sido projetada para comportar descritores endereçados a características de alto nível envolvendo áudio (ver Figura 51), não houve ocorrência de elementos na ontologia que pudessem representar os descritores específicos para esta categoria de metadados. E os *metadados dependentes de conteúdo* tiveram cobertura de 50% (22), sendo bem representados pelos descritores de cor, textura, forma, movimento, localização e reconhecimento de rosto. Assim como ocorreu na representação de descritores semânticos para áudio, na MDO foi concebida uma estrutura taxonômica para representar características de baixo nível para áudio. Porém, apenas 1 descritor no conjunto de requisitos desta natureza foi identificado nesta taxonomia, dando indícios de que os autores do projeto pensaram apenas nas classes centrais representativas dos descritores de áudio MPEG-7, possibilitando possíveis integrações de descritores em projetos específicos que praticarem reúso desta ontologia.

Finalmente, as ontologias multimídia do projeto Boemie possuem uma rica axiomatização em suas classes e propriedades, sendo 35 axiomas (83.3%) frente a 42 termos compatibilizados com declarações lógicas bem elaboradas, incluindo conectivos lógicos, quantificador existencial e universal, valores específicos, cardinalidade e características transitivas. Em relação às anotações, os 19 comentários evidenciados (45.2%), na maioria dos casos extraídos da norma MPEG-7, são exclusivos da terminologia compatibilizada na MDO. A ontologia MCO não possui comentários em seus elementos, o que dificultou a tarefa de análise semântica (diretamente no código) do conhecimento representado. E as restrições de propriedades apareceram em 16 das 18 propriedades evidenciadas na análise de compatibilidade terminológica, indicando que as ontologias buscam tratar questões associadas à integridade do vocabulário multimídia.

5.4 M3 MULTIMEDIA

A *M3 Multimedia* faz parte de uma ontologia abrangente denominada *M3 Ontology Network*¹⁷⁸, resultado de um ambicioso projeto de pesquisa espanhol envolvendo as entidades Cenit Buscamedia¹⁷⁹, *Ontology Engineering Group* (OEG¹⁸⁰) e ISOCO¹⁸¹. O projeto Buscamedia objetiva criar um mecanismo de busca semântica de recursos multimídia visando progressos nas áreas de semântica, produção audiovisual e distribuição de mídia independente de redes de terminais e consumidores. O projeto almeja que a indústria espanhola agregue valor ao atual estado da arte em motores de busca multimídia, e inclua toda a língua co-oficial da Espanha na produção multimídia. Para tal, o projeto conta com o apoio de tecnologias da Web Semântica para o desenvolvimento de ontologias endereçadas a cobrir três perspectivas, a saber: multimídia, multi-idioma e multidomínio.

A equipe de desenvolvimento da M3 contou (e ainda conta) com renomados pesquisadores membros do OEG da *Facultad de Informática da Universidad Politecnica de Madrid*, como Asunción Gómez-Pérez, Oscar Corcho e Maria del Carmen Suárez de Figueroa Baonza. Esta última é a autora do guia metodológico *NeOn* usado nesta tese e no desenvolvimento da *M3 Ontology Network*; além de ser membro do *W3C Media Annotations Working Group*.

No ano de 2012 foi finalizada a versão 2.7 da *M3 Ontology Network* como parte do projeto Buscamedia. A M3 tem como objetivo modelar informação multimídia para qualquer tipo de recurso em vários domínios e num contexto multi-idioma. Os modelos de perspectiva multimídia representam informações de baixo nível (ex. descritores MPEG-7), informações de estrutura multimídia (ex. decomposição de objetos) e informações sobre o conteúdo do recurso multimídia (ex. uma partida de futebol em um vídeo). Os modelos de perspectiva multidomínio representam semânticas abstratas para eventos, agentes e ações em diferentes domínios específicos. A versão atual abrange o domínio do esporte e um conjunto de seus subdomínios (futebol, basquetebol, e fórmula 1). Finalmente, os modelos de perspectiva multilíngue organizam a informação linguística necessária para apoiar a representação da M3 em diferentes linguagens naturais, tais como espanhol, catalão, galego, basco e inglês.

A Figura 52 mostra a integração entre as três perspectivas da *M3 Ontology Network* representada por: *Multimedia Ontology* (ou *M3 Multimedia*), *Multidomain Ontology* e *Multilingual Ontology*¹⁸². Observa-se que as três ontologias adotam a prática de reuso de conceitos de outras ontologias, conforme indica a legenda.

¹⁷⁸ <http://buscamedia.isoco.net/m3repository/M3OntologyNetwork/M3OntologyNetwork.html>

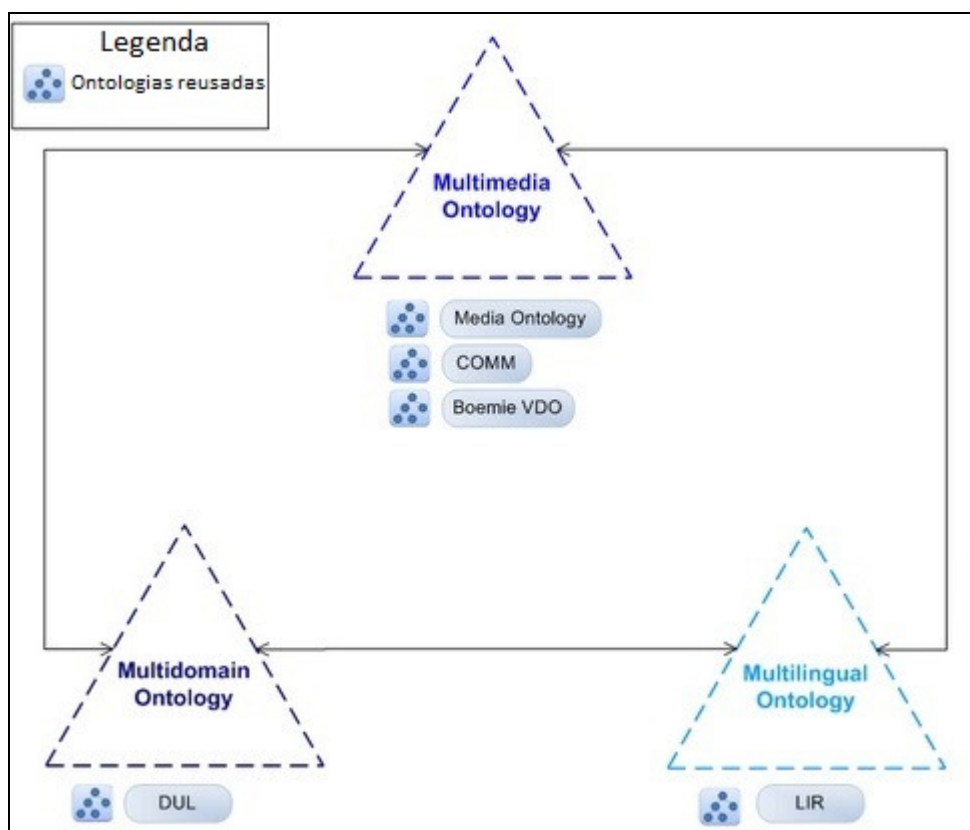
¹⁷⁹ <http://www.cenitbuscamedia>

¹⁸⁰ <http://www.oeg-upm.net/>

¹⁸¹ <http://www.isoco.com/>

¹⁸² <http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/en/technologies/63-lir>

Figura 52 - Visão integrada dos módulos da M3 Ontology Network

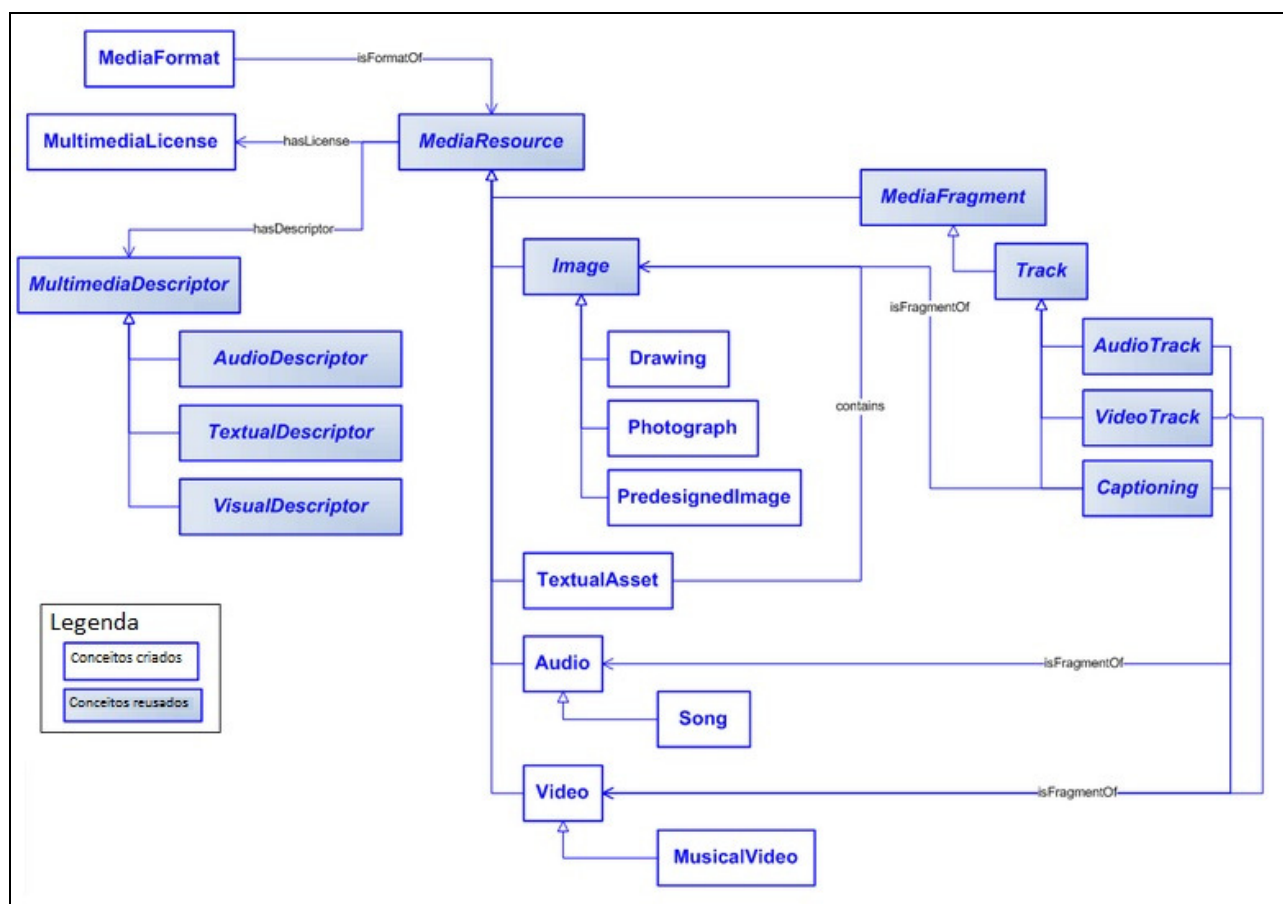


Fonte: adaptado do sítio [buscamedia](http://buscamedia.org)

A *M3 Multimedia* é o módulo responsável pela perspectiva multimídia da *M3 Ontology Network*, sendo a parte de interesse principal para análise nesta pesquisa. A ontologia multimídia é o resultado de uma pesquisa recente de mestrado de autoria de Ghislain Auguste Atemezang (ATEMEZING, 2011), que seguiu as práticas de reúso de ontologias orientadas pelo guia metodológico *NeOn*. Nesse sentido, Atemezang (2011) propõe o reúso de conceitos de ontologias com coberturas e características favoráveis ao domínio multimídia, como são os casos da COMM, da Media Ontology, e da Boemie VDO (ou Boemie MDO). Tais ontologias se fundamentam em padrões de projeto multimídia estendidos da DOLCE e padrões de metadados W3C, conforme foi explanado em seções específicas do presente capítulo para essas ontologias, apoiando, assim, a cobertura de características de conteúdo multimídia complexas envolvendo dados digitais distribuídos em dimensões espacial, temporal e espaço temporal.

A Figura 53 ilustra o modelo conceitual da *M3 Multimedia* indicando os conceitos criados na própria ontologia e outros elementos advindos de outras ontologias (conceitos reusados).

Figura 53 - Modelo conceitual da M3 Multimedia



Fonte: adaptado de Atezing (2011, p.60)

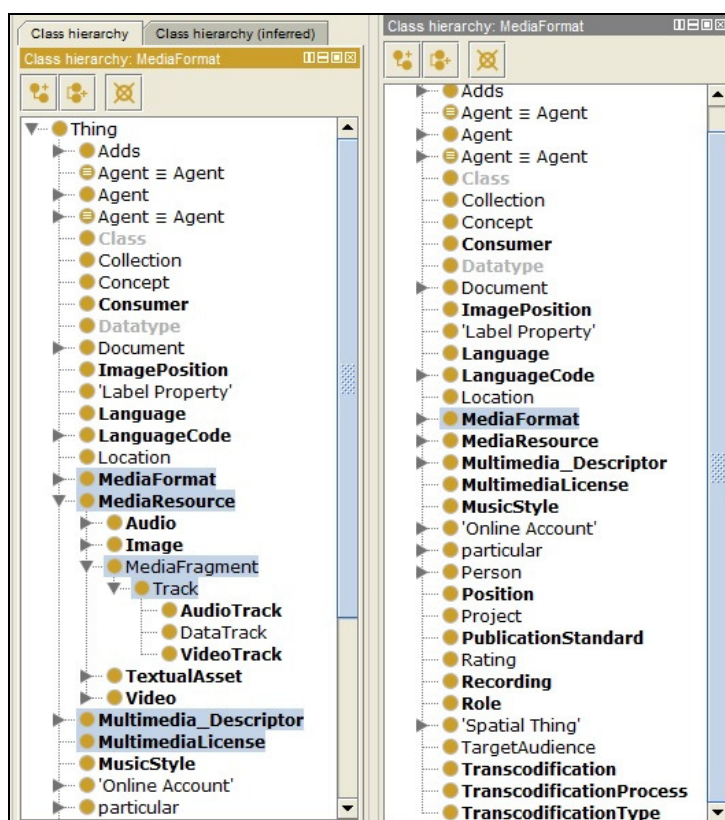
Comprova-se neste momento, a importância da decisão metodológica de se ter realizado o estudo aprofundado nas ontologias reusadas anterior à análise da *M3 Multimedia*. O benefício evidente é o fato de se conseguir entender mais facilmente o modelo conceitual proposto pela *M3 Multimedia*. Observa-se no modelo que o conceito *MediaResource* e suas especializações estão alinhados com conceitos da *Media Ontology*; e o conceito *MultimediaDescriptor* e descritores especializados estão alinhados com conceitos da ontologia Boemie VDO, apenas para citar alguns exemplos. Outra constatação de integração entre conceitos de ontologias reusadas e conceitos da ontologia que estabelece o reúso, de acordo com o modelo conceitual, é a declaração de que “*MediaResource hasDescriptor MultimediaDescriptor*”, isto é, “um recurso de mídia pode possuir descritores multimídia”. O conceito *hasDescriptor* é uma relação declarada na *M3 Multimedia* (versão analisada) como *hasMultimediaDescriptor*.

A versão para análise da *M3 Multimedia* foi a v.1.8 codificada em OWL DL (arquivo *M3Multimedia.owl*). As suas conceituações podem ser consideradas extensas em função, principalmente, do volume de elementos reusados de ontologias multimídia abrangentes, como é o caso da COMM. Observou-se no Protégé que cinco ontologias foram importadas na *M3 Multimedia*; a COMM, em especial o módulo multimídia (*multimedia-ontology*), importou indiretamente os demais módulos desta ontologia. Vocabulários como o FOAF e o Dublin Core

também são usados na M3. Torna-se válido salientar que a versão da *Media Ontology* reusada na *M3 Multimedia* é mais antiga (R32 de 2011) do que a versão analisada (R36 de 2013) de forma individual nesta tese. Um fato semelhante ocorreu para o projeto Boemie quando disponibiliza em um repositório indicado por um de seus autores a versão mdo.owl; a versão utilizada pela *M3 Multimedia* é a vdo_boemie.owl. Desse modo, possíveis diferenças relacionadas à cobertura multimídia e características de modelagem nos elementos ontológicos poderão ser visualizadas nas matrizes de análises relacionadas no Apêndice C.

A Figura 54 apresenta a taxonomia central da *M3 Multimedia* apontando algumas classes ilustradas no modelo conceitual da ontologia.

Figura 54 - Taxonomia central da M3 Multimedia

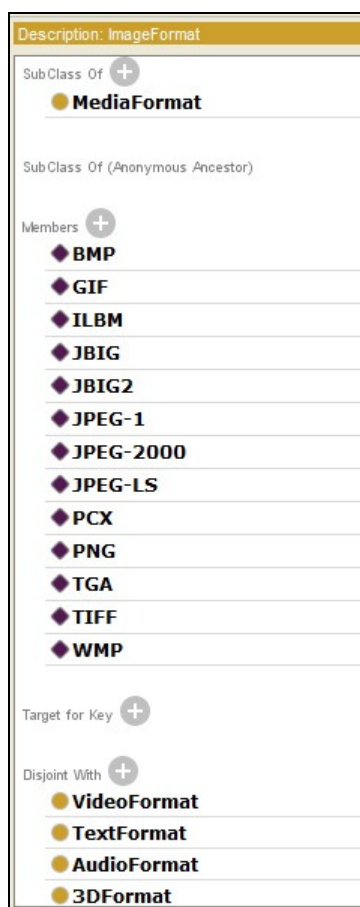


Fonte: captura de tela do software Protégé.

A estrutura exibida à direita na figura mostra o restante das classes que ficaram omitidas na parte à esquerda. A métrica da conceituação da *M3 Multimedia* (sem considerar os elementos reusados) é a seguinte: 51 classes; 31 propriedades de objetos; 26 propriedades de tipos de dados; e 164 instâncias. A classe *MediaResource* é responsável pela organização das informações sobre os recursos multimídia da ontologia; suas especializações *MediaFragment* e *Track* têm como papel: organizar características de segmentos para as modalidades (e suas tipologias) áudio, imagem, texto e vídeo e características de decomposição de segmentos para áudio, dados auxiliares (ex. legenda de uma imagem) e vídeo, respectivamente. A classe *Multimedia_Descriptor* é responsável pela organização de descritores de conteúdo multimídia de baixo e de alto nível. Um exemplo de descrição de uma classe criada na *M3 Multimedia* pode ser conferida na Figura 55 em que

ImageFormat é declarada como sendo subclasse de *MediaFormat*, contendo um conjunto de instâncias enumerado em *Members* e restrições de não participação nas classes *VideoFormat*, *TextFormat*, *AudioFormat* e *3DFormat*. Estas últimas podem ser consideradas axiomas simples.

Figura 55 - Axiomatização da classe ImageFormat da M3 Multimedia

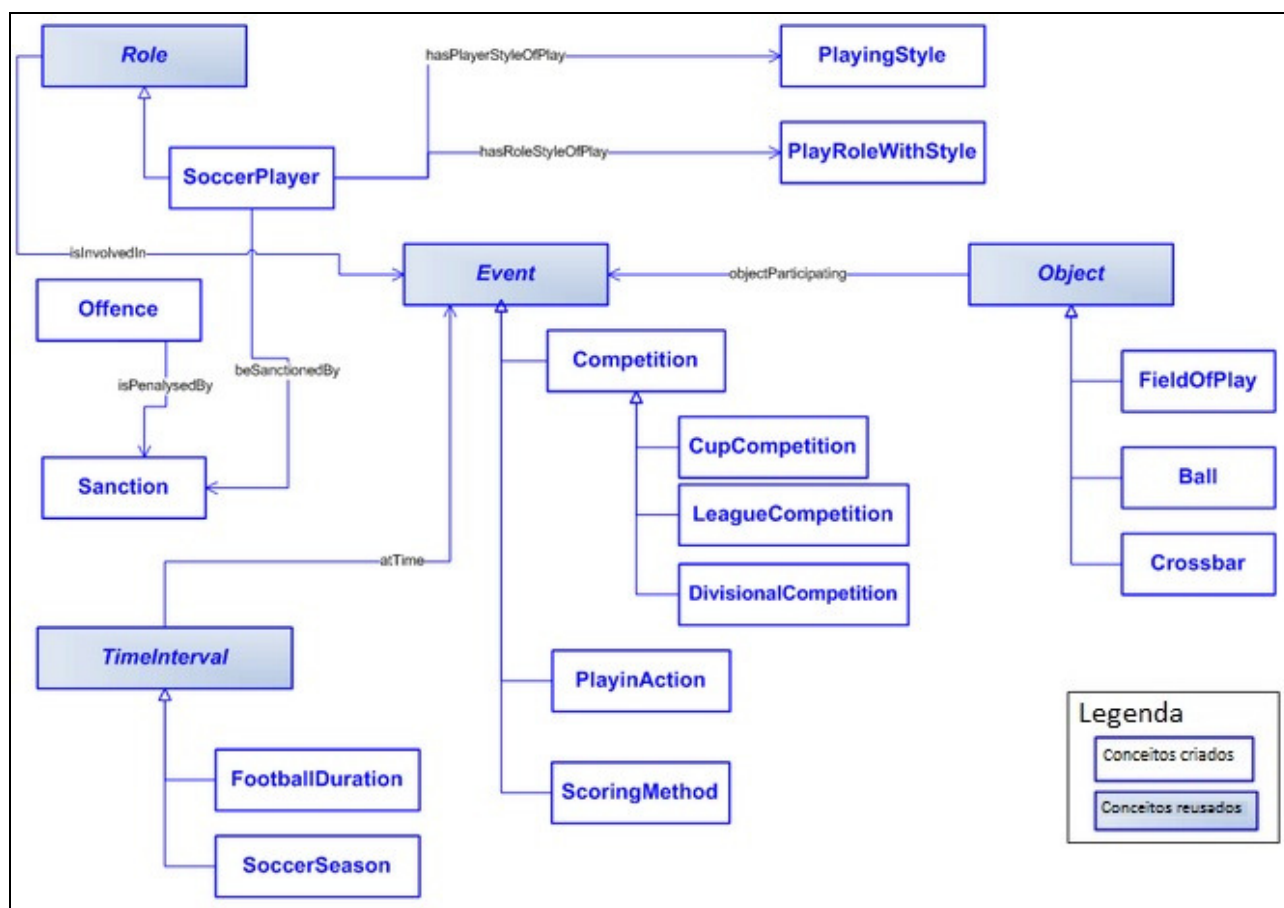


Fonte: captura de tela do software Protégé.

A *M3 Multimedia* é integrada a uma ontologia de domínio por meio da declaração “MediaResource *hasDomain* Domain”. A classe *Domain* faz parte da *M3 Ontology Network* que se fundamenta na ontologia de alto nível denominada DOLCE+DnS Ultralight (DUL¹⁸³), uma simplificação e extensão da DOLCE e seus padrões de conteúdo de ontologias *Descriptions and Situations*. Nesse sentido, a DUL fornece conceitos abstratos envolvendo eventos, objetos, tempo, espaço, etc, para organizar semanticamente conteúdos advindos de ontologias de domínios específicos, como é o caso do exemplo da ontologia de futebol (*Soccer ontology*) ilustrado na Figura 56. Os conceitos pertencentes à ontologia do domínio de futebol têm suas especializações vinculadas às classes da ontologia de fundamentação DUL. As relações semânticas entre os conceitos envolvidos são oriundos das ontologias M3, DUL e COMM. Esta última, por também usar a DOLCE em sua concepção, oferece relações axiomatizadas relevantes para modelar dimensões espaço temporal para conceitos de alto nível.

¹⁸³ http://ontologydesignpatterns.org/wiki/Ontology:DOLCE%2BDnS_Ultralite

Figura 56 - Modelo conceitual da ontologia de futebol integrada a M3



Fonte: adaptado do sítio <http://buscamedia.isoco.net/m3repository/M3OntologyNetwork/M3OntologyNetwork.html>

A *M3 Multimedia* e a sua ontologia central, a *M3 Ontology Network*, não possuem uma documentação satisfatória envolvendo explicações sobre suas estruturas de conhecimento ou conceituações. Não esclarece, por exemplo, como as ontologias *Media Ontology*, *COMM* e *Boemie VDO* cumprem seus papéis na *M3 Multimedia* e na própria *M3 Ontology Network*. Além disso, não foram encontrados artigos científicos sobre a *M3 Ontology Network*, nem informações de relatórios finais de projeto. O material disponível para consulta limitou-se em uma dissertação de mestrado e poucas informações nos sítios do grupo de pesquisa e do projeto Buscamedia. Acredita-se que a escassez de documentação, principalmente a falta de publicação científica, seja pelo fato de as versões dessas ontologias terem sido disponibilizadas em ano recente. Até o momento da análise da ontologia, o sítio destinado à organização de todas as classes da *M3 Ontology Network* por meio do recurso *OwlDoc* estava indisponível para acesso, fato esse que prejudicou o tempo hábil para a atividade de análise das ontologias envolvidas. Em relação à disponibilização de testes e avaliações frente aos mesmos não foram encontradas informações nas fontes consultadas.

Os resultados da análise de conteúdo das ontologias *M3 Ontology Network* e *M3 Multimedia* foram obtidos com segurança e confiança em razão de as ontologias reusadas (*Media Ontology*, *COMM* e *VDO Boemie*) terem sido estudadas anteriormente, o que permitiu um conhecimento prévio sobre os modelos envolvidos. Entretanto, como algumas versões apresentaram

divergências em periodicidade e nomenclatura, achou-se prudente conduzir a análise de compatibilização do conjunto de requisitos de forma minuciosa, conforme orientações metodológicas da pesquisa. Aliado a isto e, em decorrência da extensão da M3, foram consumidas 32 horas para as tarefas de análise e interpretação dos conceitos multimídia envolvidos.

Torna-se válido comentar que a análise realizada novamente nas ontologias reusadas acarretou mudanças na lista de requisitos (elementos de parâmetro) em função da descoberta de requisitos redundantes e com interpretações errôneas frente a alguns descritores MPEG-7. As categorias afetadas envolveram os metadados para semântica de conteúdo (ex. relações entre noções semânticas) e metadados para segmentos de mídia (ex. relações entre segmentos). Foi necessário reavaliar alguns requisitos junto à norma MPEG-7 para consolidar a lista. Feito isso, as alterações foram feitas tanto na lista de requisitos (de 127 passou para 120 itens) quanto nos resultados de análise das ontologias previamente estudadas.

A arquitetura da *M3 Ontology Network* por ser modularizada em três perspectivas, especialmente a multimídia e a multidomínio, facilitou a extração de conhecimento frente aos requisitos da pesquisa. A nomenclatura conceitual provida do padrão MPEG-7 e a taxonomia concernente a recursos multimídia advinda da *Media Ontology* também contribuíram nesse aspecto. Os *metadados independentes de conteúdo* foram compatibilizados quase que exclusivamente com conceitos da *Media Ontology*, com poucos casos para classes da própria *M3 Multimedia*. Os *metadados dependentes de conteúdo* foram cobertos por conceitos da VDO Boemie. E os *metadados descritivos de conteúdo* foram cobertos por conceitos principalmente da Media Ontology, seguido da DUL, COMM, VDO Boemie e algumas classes criadas na *M3 Multimedia*.

As ontologias do projeto Buscamedia cobrem parcialmente os requisitos multimídia determinados na pesquisa, sendo que dos 120 requisitos, 80 são cobertos (66.7%). Os *metadados independentes de conteúdo* são os mais representativos com 87.5% (28) de cobertura. Os *metadados descritivos de conteúdo* vêm em seguida com 68.2% (30) representando de forma satisfatória as características de segmentação e semântica de conteúdo; além de cobrirem algumas características voltadas a personalização, especialmente para navegação e organização de conteúdo multimídia. Para os *metadados dependentes de conteúdo*, a cobertura em 22 requisitos ficou análoga à ontologia MDO Boemie (50%) na representação de características de cor, textura, forma, movimento, localização e reconhecimento de rosto. Os descritores de baixo nível para áudio, com exceção de 1 descritor, não foram compatibilizados na VDO Boemie.

No que diz respeito à existência de axiomas nas classes e propriedades da M3, foram identificados 50 axiomas (62.5%) frente a 80 termos compatibilizados. Para os elementos reusados da *Media Ontology*, os axiomas foram considerados simples; para os conceitos reusados da VDO Boemie, da COMM e da DUL, os quais se somaram em maior número, os axiomas foram

considerados complexos. Desse modo, seguindo a heurística para este critério, o valor para a axiomatização na M3 é alto. Em relação às anotações, 41 comentários (51.3%) foram identificados como sendo, em sua maioria, de pouca contribuição semântica. As restrições de propriedades apareceram em 52 das 55 propriedades evidenciadas na análise de compatibilidade terminológica, indicando que a M3 emprega bem os recursos de *domain* e *range* RDFS/XML para promover integridade nos relacionamentos entre as classes. Finalmente, o elemento ontológico representado por instância (*Individuals*) é bem explorado na *M3 Multimedia* para algumas de suas classes, tais como *MediaFormat*, *MultimediaLicense* e *TranscodificationType*. Instâncias são geralmente especificadas para fins de uso de termos controlados numa situação de anotação envolvendo a descrição multimídia.

5.5 M3O: *Multimedia Metadata Ontology*

Buscando endereçar combinações de modelos e padrões de metadados para descrever semanticamente apresentações de documentos multimídia estruturados (ex. SMIL¹⁸⁴, Flash¹⁸⁵), os pesquisadores Carsten Saathoff e Ansgar Scherp do departamento de ciência da computação da *University of Koblenz-Landau* propuseram no ano de 2010 um modelo abrangente para representar metadados multimídia, denominado *Multimedia Metadata Ontology* (M3O¹⁸⁶).

O grupo de pesquisa responsável pelo desenvolvimento da M3O tem sido assistido pela *European Commission* nos projetos WeKnowIt¹⁸⁷ e X-Media e, segundo seus membros, a proposta é uma continuidade de trabalhos prévios sobre anotação multimídia com base na experiência adquirida com o desenvolvimento da ontologia COMM (SAATHOFF e SCHERP, 2010). Acrescentam ainda que o modelo M3O possui uma diferença em relação a outros projetos de ontologias multimídia em não focar na representação ontológica fundamentada em um padrão de metadado específico, como, por exemplo, o MPEG-7. O modelo antes de ser um modelo de metadado multimídia, é um *framework* de modelagem geral para metadados multimídia que abrange características de modelos e padrões de metadados comumente usados no contexto da Web Semântica. Desse modo, o propósito da M3O é integrar modelos e padrões de metadados existentes por meio de um *framework* de modelagem semântica genérico, o qual pode ser usado internamente em aplicações multimídia complexas, tais como ferramentas de autoria ou sistemas de gerenciamento multimídia. Para tal, uma API foi desenvolvida para fornecer suporte explícito para

¹⁸⁴ http://en.wikipedia.org/wiki/Synchronized_Multimedia_Integration_Language

¹⁸⁵ http://pt.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flash

¹⁸⁶ <http://www.uni-koblenz-landau.de/koblenz/fb4/AGStaab/Research/ontologies/m3o>

¹⁸⁷ <http://www.weknowit.eu/>

padrões de projeto de ontologias, como o *framework* SemanticMM4U¹⁸⁸ (SAATHOFF e SCHERP, 2010) para a geração de multi canais de ricas apresentações multimídia.

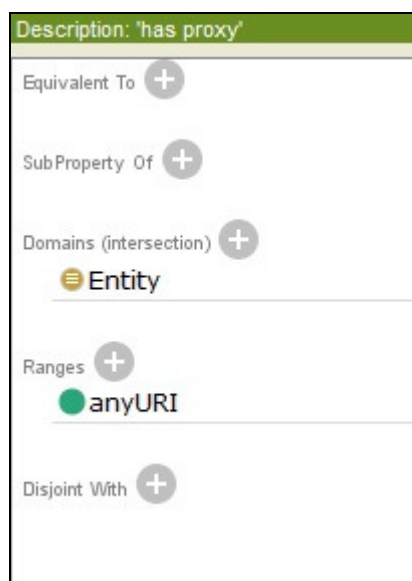
Os padrões oferecidos pela M3O têm a intenção de cobrir cinco requisitos funcionais, a saber: i) identificação de recursos; ii) separação de objetos de informação e realizações; iii) anotação para objetos de informação e realizações; iv) decomposição de objetos de informação e realizações; e v) representação de informação de proveniência. Para cumprir tais requisitos, a M3O se fundamenta na ontologia de alto nível DOLCE+DnS Ultralight (DUL) e em três padrões de projeto (formalizados em lógicas descritivas e implementados em OWL) referenciados por estas ontologias, a saber: *Description and Situation* (DnS), *Information and Realization Pattern* e *Data Value Pattern*. Além disso, a ontologia é alinhada com ontologias e vocabulários, tais como COMM, EXIF, XMP, ID3, Dublin Core, Yahoo!'s SearchMonkey e Media Resource Ontology do W3C. No que diz respeito aos requisitos não funcionais, a M3O possui uma rica axiomatização (conforme pode ser conferido nas ilustrações que se seguem), a qual é baseada na ontologia de fundamentação DUL, e características como modularidade, extensibilidade, reusabilidade e separação de interesses. Tais características faz da M3O uma ontologia núcleo (*core ontology*) por ser modelada independentemente de domínio específico, mas focada num aspecto central de anotação multimídia. A seguir, os cinco requisitos funcionais que refletem a estrutura de conhecimento multimídia da M3O são elucidados juntamente com a apresentação de elementos ontológicos (analisados no editor Protégé) que representam tais requisitos.

- Identificação de recursos

A possibilidade de ligação entre diferentes recursos de mídia e a integração coerente de metadados envolvidos nestes (paradigma LOD) é alcançada por meio de uma URI que identifica os recursos na Web. A identificação pode garantir, por exemplo, que uma apresentação multimídia expressa em uma versão SMILL possa ser ligada com outra versão em Flash, possibilitando inferir o fato de que ambos os arquivos de mídia realizam a mesma apresentação, a qual foi realizada em diferentes formatos e plataformas. A Figura 57 mostra a propriedade de dados *has proxy* que associa uma Entidade (*Entity*) em DUL (ex.uma imagem digital) a qualquer URI.

¹⁸⁸ <https://launchpad.net/semanticmm4u>

Figura 57 - Identificação de recursos na M3O

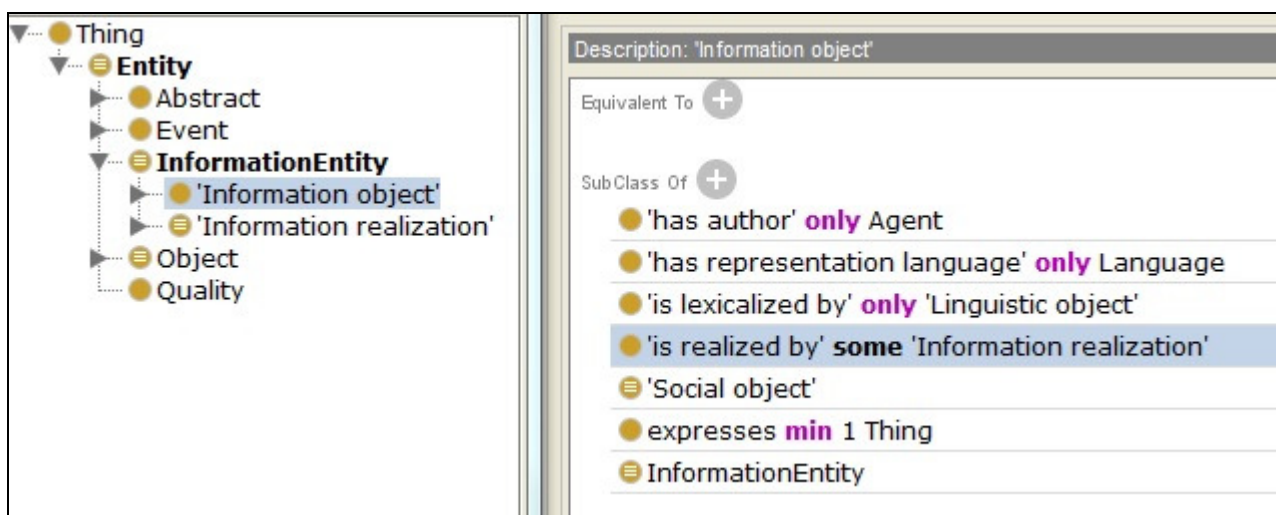


Fonte: captura de tela do software Protégé.

- Separação de Objetos de Informação e Realização da Informação

O padrão de realização e informação (*Information and Realization Pattern*) representa a distinção entre objetos de informação e realizações de informação (MASOLO et al., 2003). Exemplos de objetos de informação são uma fotografia, uma pintura, peças teatrais, uma obra literária ou estruturas narrativas. Cada objeto de informação é realizado no mínimo por uma realização de informação, como, por exemplo, uma apresentação multimídia (objeto de informação) é realizada em formato SMIL e outra em Flash, mas ambos os formatos cobrem a mesma mensagem (conteúdo semântico). Outro exemplo seria o caso de uma imagem digital ser armazenada no *hard disk* em vários formatos e resoluções. Segundo Saathoff e Scherp (2010), a separação entre objetos de informação e realização da informação torna-se relevante no sentido de fornecer uma distinção clara entre a semântica (conteúdo da mensagem) e o dado (formato do arquivo de mídia). A Figura 58 mostra a forma de conexão entre um objeto de informação (*Information object*) e uma realização de informação (*Information realization*) por meio da relação '*is realized by*'. Ambos os conceitos são subclasses de *InformationEntity* que permite tratar a informação em um sentido geral.

Figura 58 - Separação de objetos de informação e realização da informação na M3O



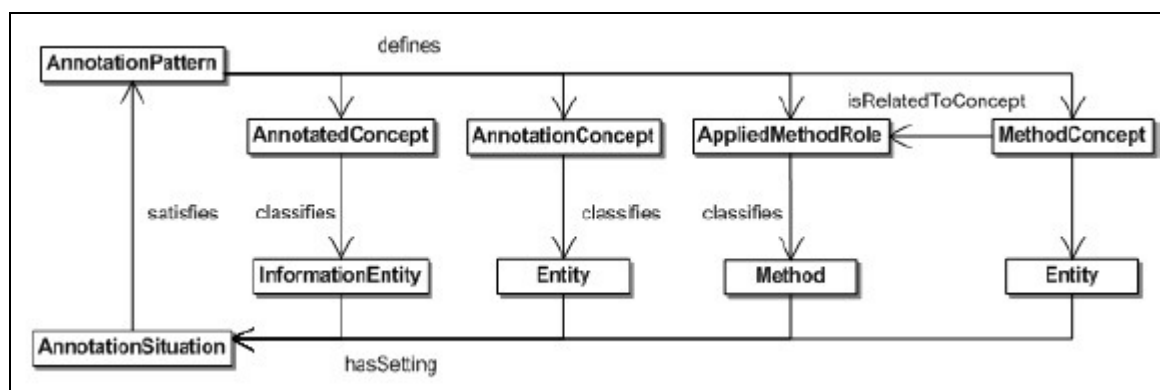
Fonte: captura de tela do software Protégé.

- Anotação de Objetos de Informação e de Realização da Informação

O conceito de anotação na M3O é entendido como a junção de um metadado a uma entidade de informação (*InformationEntity*). Nesse sentido, anotações podem ser consideradas como metadados de objetos de informação e realização de informação. O modelo ontológico contempla anotações tanto de baixo nível quanto de alto nível. Anotações de baixo nível usam o padrão de valores de dados (*Data Value Pattern*) para representar metadados como histogramas de cores; enquanto anotações de alto nível reusam conceitos e instâncias de ontologias de domínios específicos.

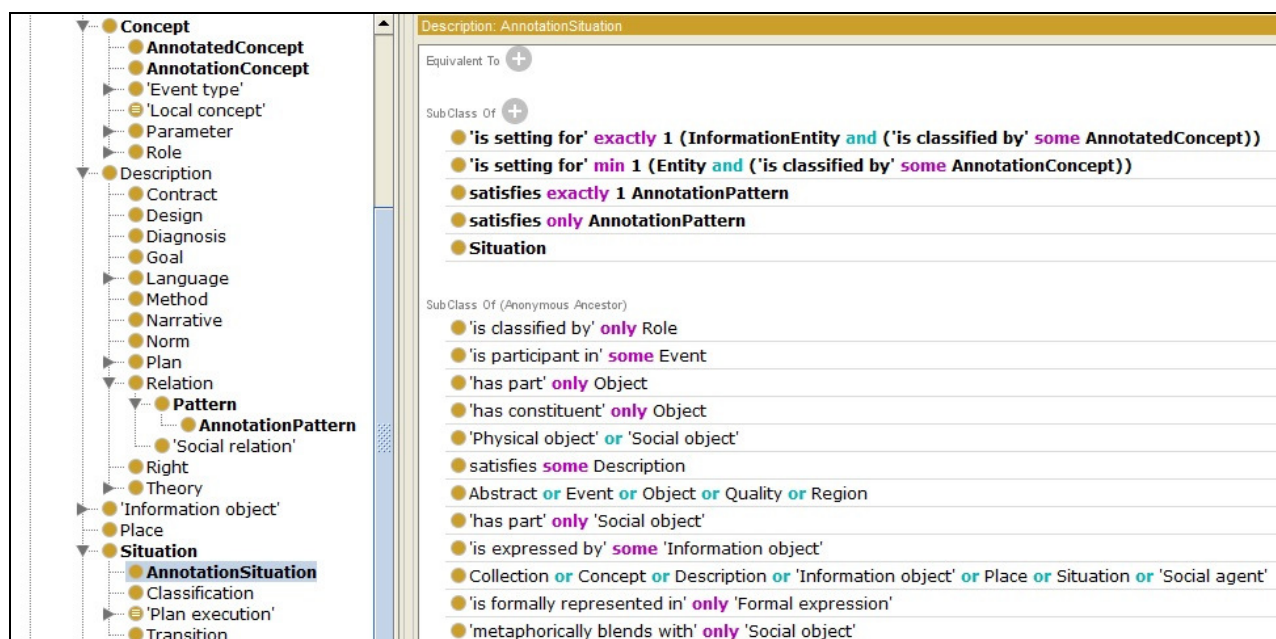
O padrão de anotação da M3O (módulo *annotation.owl*) é especializado do padrão *Description and Situation* em que uma situação (define as entidades concretas para expressar a anotação) satisfaz uma descrição (define a estrutura de uma anotação). Posto isto, uma *AnnotationSituation* satisfaz (relação *satisfies*) um *AnnotationPattern*. Este, por sua vez, define (relação *defines*) exatamente um *AnnotatedConcept* e ao menos um *AnnotationConcept*. Um *AnnotatedConcept* classifica (relação *classifies*) cada *InformationEntity*, que é anotada por uma instância deste padrão. Cada item de metadado é representado por uma *Entity* a qual é classificada por um *AnnotationConcept*. Um contexto a ser descrito seria, por exemplo, uma apresentação multimídia (*Information object*) que necessita ser anotada por um conceito semântico advindo de uma ontologia de domínio. A apresentação multimídia seria, portanto, classificada por um *AnnotatedConcept*. A instância da ontologia de domínio (ex. Dbpedia) que faz o papel de metadado (ou um rótulo semântico) seria classificada em *AnnotationConcept*. A elucidação desta modelagem pode ser conferida na Figura 59 que apresenta as classes do padrão juntamente com seus relacionamentos. Em seguida, a Figura 60 apresenta a estrutura taxonômica do padrão de anotação indicando a axiomatização da classe *AnnotationSituation*.

Figura 59 - Padrão de anotação da M3O



Fonte: Saathoff e Scherp (2010, p.836)

Figura 60 - Anotação de entidades de informação na M3O



Fonte: captura de tela do software Protégé.

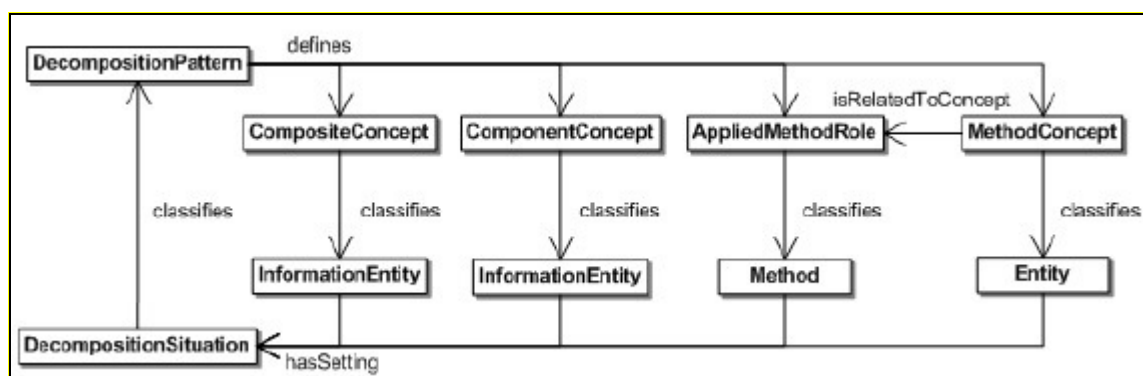
- Decomposição de Objetos de Informação e de Realização da Informação

O *padrão de decomposição* da M3O (módulo *decomposition.owl*) modela a decomposição de entidades de informação (*InformationEntity*) e também é uma especialização do padrão *Description and Situation* em que uma situação de decomposição (*DecompositionSituation*) satisfaz a descrição de um padrão de decomposição (*DecompositionPattern*). O *DecompositionPattern* define exatamente um *CompositeConcept* (que faz o papel do “todo” na decomposição) e ao menos um *ComponentConcept* (que faz o papel das “partes” na decomposição). Tanto o *CompositeConcept* quanto o *ComponentConcept* classificam uma *InformationEntity*, sendo possível, portanto, decompor um objeto de informação e uma realização de informação¹⁸⁹. A elucidação desta modelagem pode ser conferida na Figura 61 que apresenta as classes do padrão

¹⁸⁹ A clara separação entre objeto de informação e realização de informação é importante para a situação de decomposição como, por exemplo, no endereçamento físico de uma parte da apresentação multimídia, o qual exige tratamento diferenciado para SMIL bem como para Flash; em contrapartida não há problema para o objeto de informação (SAATHOFF e SCHERP, 2010).

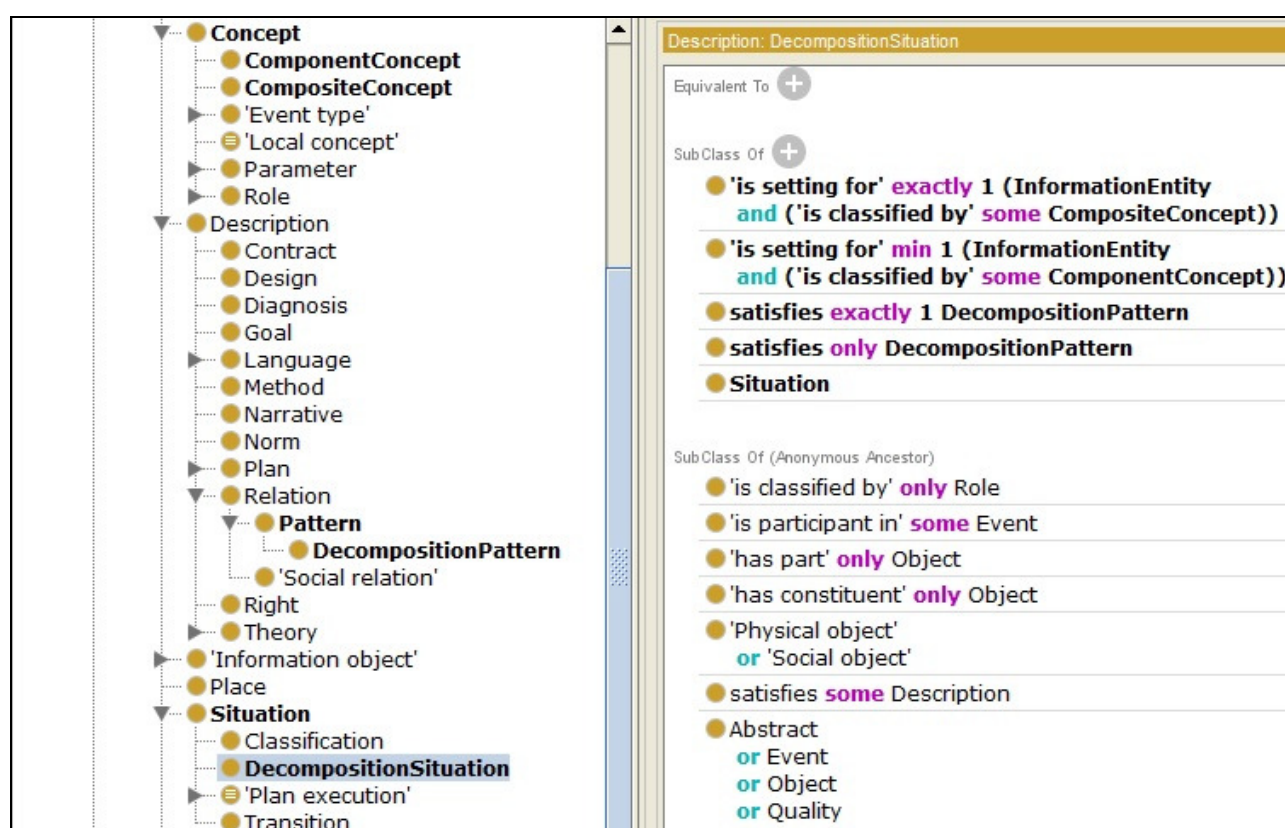
juntamente com seus relacionamentos. Em seguida, a Figura 62 apresenta a estrutura taxonômica do padrão de decomposição indicando a axiomatização da classe *DecompositionSituation*.

Figura 61 - Padrão de decomposição da M3O



Fonte: Saathoff e Scherp (2010, p.836)

Figura 62 - Decomposição de entidades de informação na M3O



Fonte: captura de tela do software Protégé.

Um contexto de decomposição a ser descrito seria, por exemplo, uma apresentação multimídia, expressa em um arquivo SMIL, que necessita ser decomposta em duas partes lógicas (como uma segmentação de imagem), que fazem menção a assuntos distintos na apresentação. Um desses assuntos também seria decomposto em duas imagens. A decomposição, nesse contexto, seria a seguinte: um *CompositeRole* classifica a apresentação multimídia (*Information object*) indicando que a apresentação é o “todo” no processo de decomposição. Um *ComponentRole* classifica dois objetos de informação (os assuntos) indicando as duas “partes” lógicas da apresentação. Um desses assuntos ainda é decomposto em duas imagens. Isso mostra que uma mesma *InformationEntity* pode

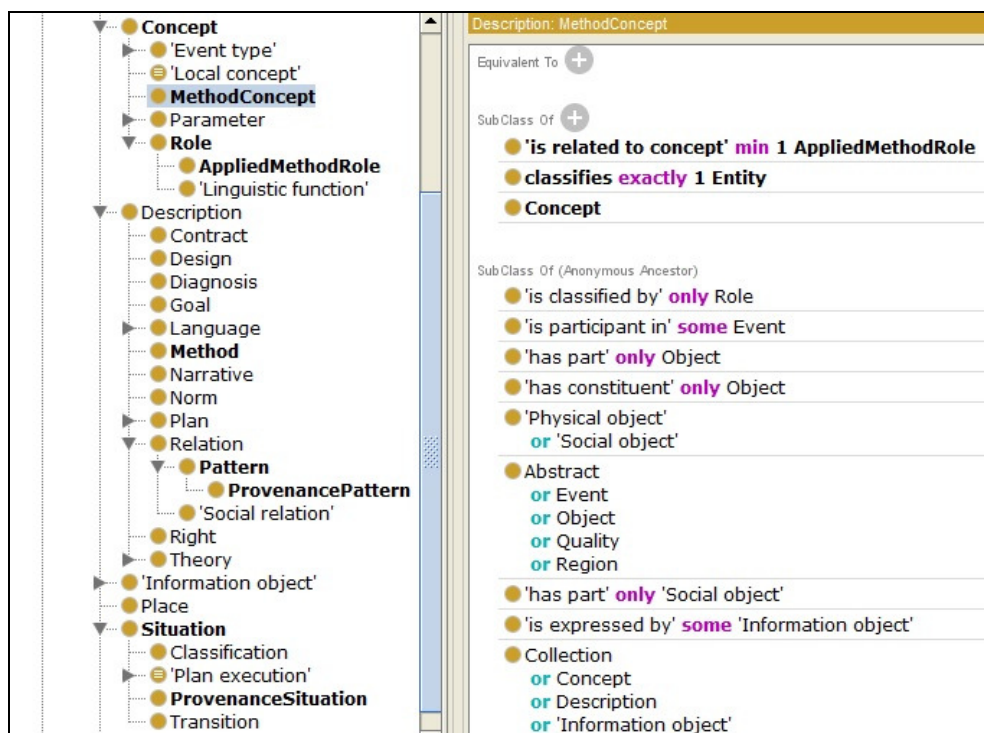
desempenhar um *ComponentRole* num certo momento e um *CompositeRole* em outro a depender do contexto.

- Representação de Informação de Proveniência

O padrão de proveniência (módulo *provenance.owl*), também especializado do padrão *Description and Situation*, segue o mesmo raciocínio de modelagem dos padrões multimídia descritos acima, incluindo informações sobre o autor da criação da anotação ou da decomposição com o propósito de que outras pessoas (ou agentes computacionais) possam obter acesso aos recursos de mídia com confiança em suas descrições.

As Figuras 59 e 61 anteriormente citadas mostram uma parte relacionada ao método (*Method*) usado para especificar como uma anotação e uma decomposição são produzidas, respectivamente. Um *AppliedMethodRole* classifica um método que, por exemplo, pode ser um algoritmo ou uma ação manual envolvendo uma situação de anotação ou decomposição. O método pode ainda ser descrito por entidades que são classificadas por *MethodConcepts*, fornecendo os meios para modelar os parâmetros para a informação de proveniência em geral (ex. a biografia de um autor responsável por uma anotação manual). A Figura 63 mostra os principais conceitos do padrão de proveniência juntamente com um exemplo de axiomatização de uma de suas classes.

Figura 63 - Padrão de proveniência da M3O

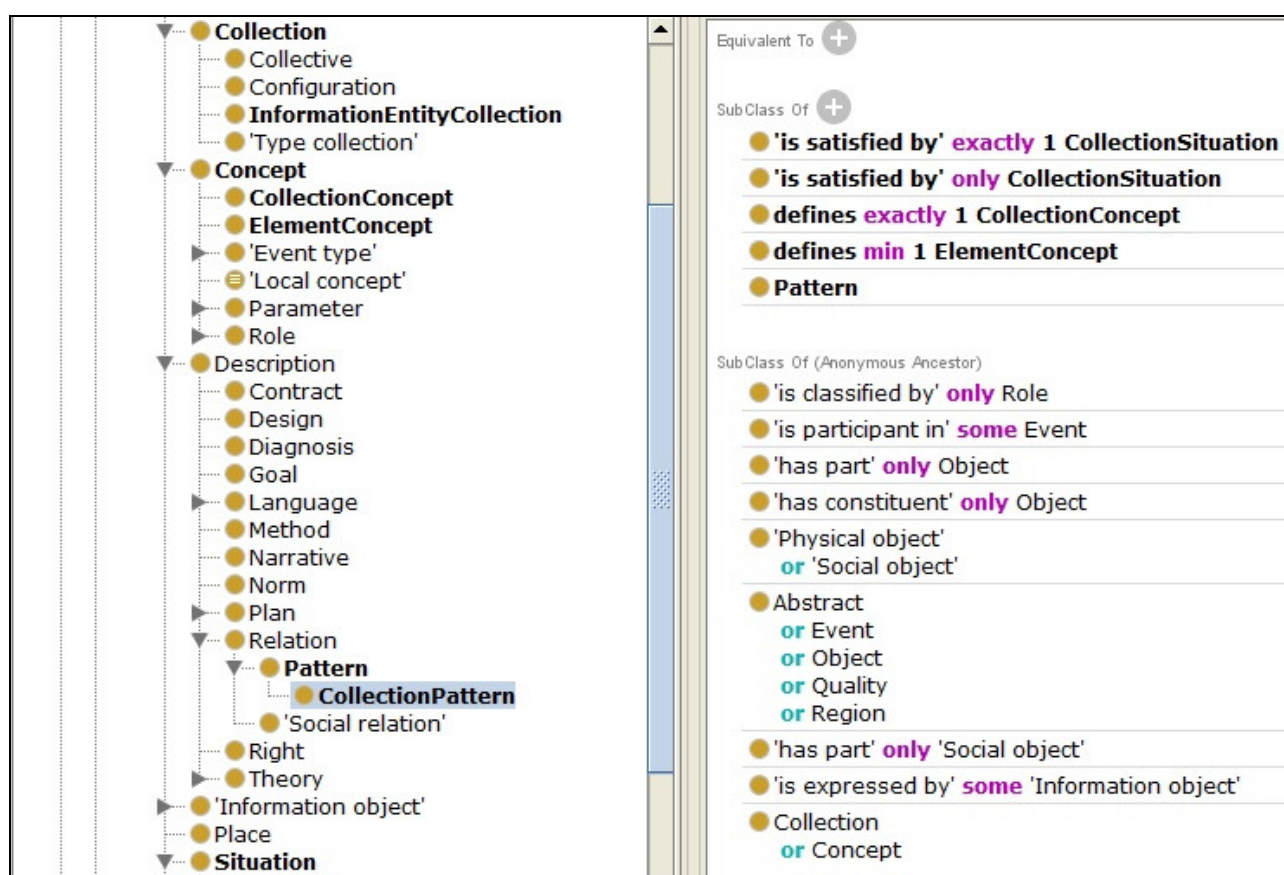


Fonte: captura de tela do software Protégé.

Finalmente, o modelo M3O permite representar também coleções de entidades de informação com propriedades comuns por meio do módulo *padrão de coleções* (*collection.owl*), que apoia a criação colaborativa de coleções levando em consideração a fonte ou origem das entidades de informação envolvidas. Um conjunto de imagens coletadas por diferentes pessoas

sobre um assunto comum é um exemplo de uma coleção, que pode ser compartilhada numa rede social como *Flickr*. A Figura 64 apresenta os principais conceitos do padrão de coleção da M3O, os quais também estabelecem especializações com os padrões de projeto da DUL. De acordo com a figura, a axiomatização da classe *CollectionPattern* define que existe exatamente um *CollectionConcept* que classifica uma *InformationEntityCollection*. Esta, por sua vez, é a coleção de entidades de informação.

Figura 64 - Padrão de coleção da M3O



Fonte: captura de tela do software Protégé.

A documentação acerca do conhecimento da M3O pode ser considerada razoável no que diz respeito à explicação clara de seus padrões multimídia e de proveniência estendidos da ontologia de alto nível DUL. O material disponível para consulta se manifesta em artigos científicos (SAATHOFF e SCHERP, 2009; SAATHOFF e SCHERP, 2010; SAATHOFF, EIBINGE e SCHERP, 2012) bem como em sítio da *University of Koblenz-Landau* (vinculada a seus autores) no qual os módulos da M3O podem ser acessados. O sítio também disponibiliza arquivos de vocabulários e ontologias alinhadas com a M3O, além de diversos exemplos de aplicação dos padrões M3O e suas combinações. Informações detalhadas sobre o método aplicado em testes de integração da M3O com ontologias multimídia e padrões e formatos de metadados para uso em aplicações concretas, bem como o resultado das avaliações de tais testes, podem ser encontradas em publicação recente (SAATHOFF, EIBINGE e SCHERP, 2012) de seus autores e colaboradores.

A análise de conteúdo da representação do conhecimento da M3O foi conduzida em um formato diferenciado em relação às primeiras quatro ontologias. O motivo seria pelo fato de a proposta desta ontologia ser endereçada a um modelo abrangente para integração de modelos, formatos e padrões de metadados existentes. Desse modo, os requisitos multimídia elencados nesta pesquisa, advindos dos padrões MPEG-7 e Dublin Core, não tiveram uma compatibilização satisfatória com a estrutura da M3O. Os 21 termos compatibilizados (17.5%) frente a 120 requisitos são, em sua maioria, abstrações de alto nível envolvendo os esquemas de descrição MPEG-7. Portanto, os descritores específicos MPEG-7 e Dublin Core não tiveram compatibilização devido à natureza genérica da M3O fundamentada em uma ontologia de alto nível como a DUL. Por outro lado, o modelo genérico proposto na M3O pode vir a ser uma estratégia interessante para propostas de alinhamentos com ontologias multimídia que têm o MPEG-7 como referência. Foram consumidas 24 horas para as tarefas de análise e interpretação dos padrões multimídia e de proveniência frente aos requisitos da pesquisa. As evidências da análise são descritas adiante.

Os metadados descritivos de conteúdo são os mais representativos na M3O com 14 (31.8%) requisitos compatibilizados, em função, principalmente, de suas características voltadas à decomposição de segmentos multimídia e a tratamento semântico de conteúdo. Para esta última, os metadados envolvidos foram cobertos pelas classes de alto nível da DUL envolvendo entidades como evento, objeto, agente e relações semânticas. Em relação aos metadados para personalização de conteúdo, a única subcategoria coberta foi a de organização de conteúdo para coleções de conteúdo audiovisual, promovida pelo padrão de coleção da M3O. Em decorrência da especificidade das características de alto nível envolvendo áudio não ocorreu cobertura para esta categoria. Os *metadados independentes de conteúdo* vêm em seguida com uma cobertura de 7 (21.9%) requisitos voltada, principalmente, para características de informação da mídia as quais foram representadas pelas classes objetos de informação e realização da informação da DUL. Finalmente, em razão das características específicas envolvendo os descritores visuais e de áudio MPEG-7, os *metadados dependentes de conteúdo* não foram compatibilizados com a terminologia de natureza genérica da M3O.

A existência de axiomas complexos nas classes e propriedades da M3O foi evidenciada na elucidação de seus padrões. Foram identificados 17 axiomas (81.0%) frente a 21 termos compatibilizados, obtendo valor alto em seu critério de análise. O mesmo ocorreu para as anotações, que tiveram o mesmo número de identificações (17) sendo, em sua maioria, declarações conceituais advindas das classes da DUL. As restrições de propriedades apareceram nas 12 propriedades evidenciadas na análise de compatibilidade terminológica, indicando que a M3O emprega bem os recursos de *domain* e *range* RDFS/XML para promover integridade nos relacionamentos entre as classes.

5.6 MPEG-7 HUNTER

Jane Hunter foi a primeira a propor uma tradução do padrão de metadado MPEG-7 visando integração com tecnologias da Web Semântica. A ontologia MPEG-7 foi proposta em 2001 dentro do projeto *Harmony International Digital Library*¹⁹⁰. Atualmente, o sítio do projeto encontra-se indisponível para acesso a informações inerentes. Hunter (2001) propôs uma tradução manual do MPEG-7 em RDFS (então convertida em DAML-OIL) e posteriormente esta ontologia foi traduzida em OWL, estendida e harmonizada com a ontologia de alto nível ABC (LAGOZE e HUNTER, 2001) para endereçar descrições semânticas vinculadas a ontologias de domínios específicos. Outros projetos endereçados a anotação semântica de imagens envolvendo células pancreáticas (*Visible Cell project*) (HOLLINK, LITTLE e HUNTER, 2005) e células de combustível (*Fuel Cell project*) (HUNTER, DRENNAN e LITTLE, 2004) também fizeram uso da ontologia MPEG-7, especialmente com os descritores visuais de baixo nível como cor, textura e forma. Atualmente, sua versão¹⁹¹ compreende classes descritas em OWL *Full* para entidades multimídia básicas e hierarquias de âmbito genérico advindas do MDS/MPEG-7; além de descritores visuais oriundos também deste padrão. Ademais, a ontologia é referenciada no sítio *Multimedia Vocabularies on the Semantic Web* do W3C.

A ontologia de Hunter segue o mesmo padrão de conteúdo multimídia do MPEG-7 com as classes *Audio*, *Audiovisual*, *Image*, *Multimedia* e *Video*. A descrição dos segmentos de conteúdo multimídia é representada por um conjunto de subclasses derivadas do esquema de descrição *Segment* MPEG-7. Já as instâncias das classes concernentes aos segmentos são resultantes de um processo de segmentação espacial, temporal e espaço temporal de diferentes tipos de conteúdo multimídia e são organizadas em especializações da classe *Segment*, definidas no Quadro 15.

Quadro 15 - Subclasses de segmentos da MPEG-7 Hunter

Subclasses de <i>Segment</i>	Definições
StillRegion	Regiões espaciais 2D de uma imagem ou de um quadro de vídeo.
ImageText	Regiões espaciais de uma imagem ou de um quadro de vídeo correspondentes a textos ou legendas.
Mosaic	Mosaicos ou visão panorâmica de um segmento de vídeo.
StillRegion3D	Regiões espaciais 3D de uma imagem 3D.
VideoSegment	Intervalos temporais ou segmentos de dados de vídeo.
MovingRegion	Regiões espaço temporais 2D de dados de vídeo.
VideoText	Regiões espaço temporais de dados de vídeo correspondentes a textos ou legendas.
AudioSegment	Intervalos temporais ou segmentos de dados de áudio.
AudioVisualSegment	Intervalos temporais ou segmentos de dados audiovisuais.
AudioVisualRegion	Segmentos espaço temporais arbitrários de dados audiovisuais.
MultimediaSegment	Composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.
EditedVideoSegment	Segmentos de vídeo que resultam de um trabalho de edição.

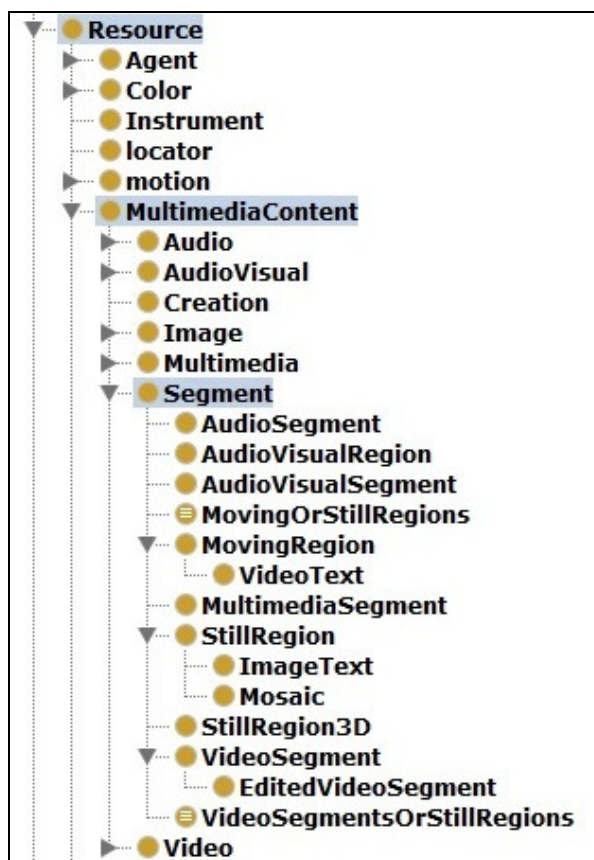
Fonte: adaptado de Hunter (2001).

¹⁹⁰ <http://metadata.net/harmony/index.html>

¹⁹¹ Versão 1.0 datada de 06-11-2006 disponível em cache: <http://metadata.net/mpeg7/mpeg7.owl>

A Figura 65 apresenta a taxonomia de conteúdo multimídia da ontologia MPEG-7 Hunter indicando os tipos de mídia e os tipos de segmentos associados.

Figura 65 - Taxonomia de conteúdo multimídia MPEG-7 Hunter



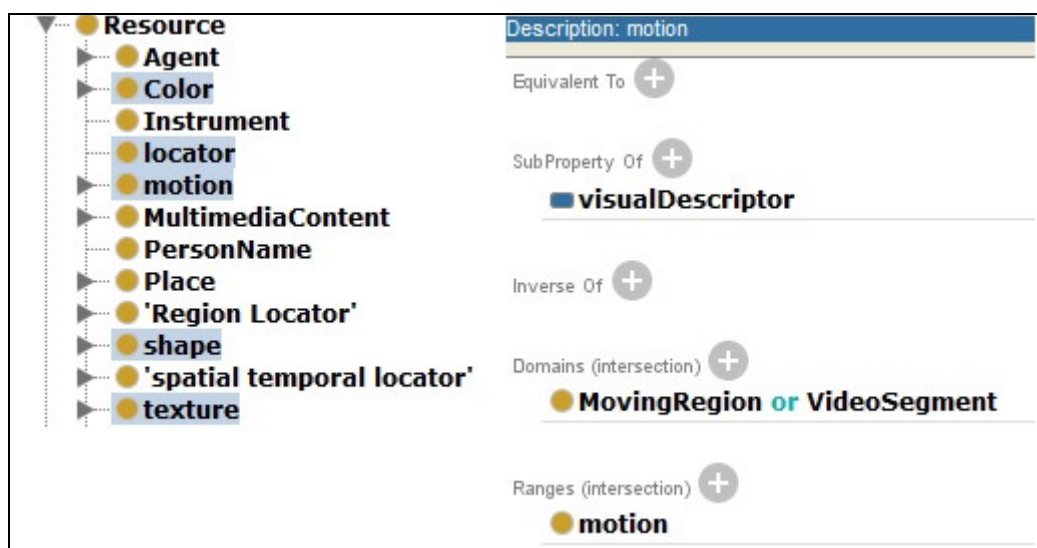
Fonte: captura de tela do software Protégé.

Os segmentos multimídia ainda podem ser decompostos em subsegmentos. A modelagem para representar tal papel é realizada por meio da propriedade de objeto '*decomposition of a segment*' especializada em subpropriedades com os seguintes papéis de decomposição: espacial (ex. regiões espaciais inerentes a uma imagem), temporal (ex. segmentos temporais intrínsecos em um vídeo), espaço temporal (ex. regiões em movimento dentro de um vídeo) e multimídia (ex. diferentes objetos mídia embutidos em uma apresentação multimídia). Propriedades associadas à localização de um segmento dentro de seus objetos mídia são representadas por localizadores com características espacial, temporal, espaço temporal e de mídia.

A ontologia MPEG-7 Hunter cobre características para os descritores visuais de cor, textura, movimento, forma e localização. A modelagem para estes descritores é realizada da seguinte forma: os tipos de segmentos multimídia que comportam características visuais exercem o papel de domínio para as subpropriedades de descritores visuais; e as classes associadas a cada tipo de descritor visual exercem o papel de escopo para essas subpropriedades. A Figura 66 ilustra a modelagem para descritores envolvendo a propriedade do descritor visual *motion* que é uma especialização de *visualDescriptor*. As classes de segmentos *MovingRegion* e *VideoSegment*, ambas

com características relacionadas a movimento visual aplicáveis, e a classe *motion* exercem papéis de domínio e escopo para a propriedade envolvida, respectivamente.

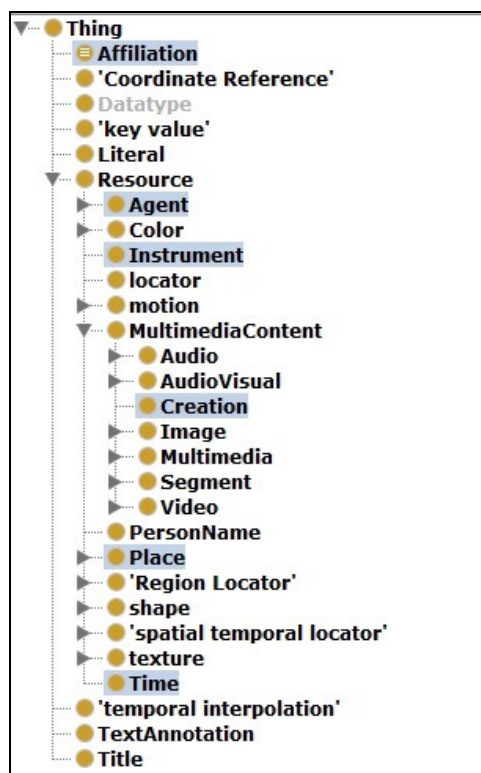
Figura 66 - Taxonomia de descritores visuais MPEG-7 Hunter



Fonte: captura de tela do software Protégé.

As entidades não multimídia (indicadas na Figura 67) são representadas na ontologia pelas classes *Affiliation*, *Agent*, *Instrument*, *Creation*, *Place* e *Time*. Tais classes juntamente com suas propriedades exercem o papel de descrever características relacionadas à criação e à produção multimídia provenientes do esquema de descrição *Creation* MPEG-7.

Figura 67 - Taxonomia de entidades não multimídia MPEG-7 Hunter



Fonte: captura de tela do software Protégé.

Percebe-se que a terminologia da ontologia MPEG-7 Hunter não foi determinada a partir de regras de padronização de nomes, mesmo seguindo, em algumas situações, as

denominações oriundas dos esquemas e descritores MPEG-7. Um exemplo envolve as iniciais dos nomes de seus elementos ontológicos que em algumas situações encontram-se em maiúsculo e em outras em minúsculo, conforme podem ser conferidas nas ilustrações. As relações bem como os atributos não seguem uma denominação semanticamente compreensível. Agregado a isto, a ausência de axiomas mais restritivos (as definições das classes incluem somente relações de subclasses) no vocabulário da ontologia permite que as entidades envolvidas tenham mais de uma interpretação semântica, podendo, assim, compartilhar o mesmo significado, redundando em ambiguidades. Um exemplo seria o caso da classe *Audio* possuir a liberdade de se referir a classe *Image* ou a classe *StillRegion*, ambas desprovidas de atributos auditivos em um mundo real. Nesse sentido, a ausência tanto de uma convenção terminológica rígida quanto de restrições semânticas pode acarretar problemas de interoperabilidade sintática e semântica, nesta ordem, envolvendo os elementos da ontologia num paradigma de mundo aberto.

Considerou-se a documentação da ontologia MPEG-7 escassa no que diz respeito a informações relativas a decisões de modelagem envolvendo a conceituação multimídia, limitando-se em alguns artigos científicos publicados pela autora e colaboradores (HUNTER, 2001; LAGOZE e HUNTER, 2001), revisões recentes na literatura sobre ontologias multimídia (DASIOPOULOU et al., 2010; SUÁREZ-FIGUEROA, ATEMEZING e CORCHO, 2013) e casos de uso em projetos específicos (HOLLINK, LITTLE e HUNTER, 2005; HUNTER, DRENNAN e LITTLE, 2004) com poucas informações sobre a ontologia reusada. Informações complementares indicadas na literatura não estão acessíveis pelo sítio do projeto *Harmony*. Em relação a informações associadas a testes para esta ontologia, não foram encontrados indícios nas fontes consultadas.

Para a análise de conteúdo da ontologia MPEG-7 foram dedicadas 24 horas à tarefa de inspeção do código. Os resultados da análise no que diz respeito à cobertura de requisitos multimídia e características correlacionadas são descritas como se segue. A cobertura total se deu em 43 termos (35.8%) frente a 120 requisitos multimídia envolvidos na pesquisa. *Metadados dependentes de conteúdo* foi a categoria com maior índice de cobertura correspondente a 45.5% (20) frente a 44 requisitos desta natureza, representando características concernentes a estruturas básicas, cor, textura, forma, movimento e localização de regiões espaço temporais em modalidades visuais. Os metadados para a modalidade áudio não são cobertos pela ontologia. A categoria *metadados descritivos de conteúdo* vem em seguida com uma cobertura de 31.8% (14) frente a 44 requisitos desta natureza, representados exclusivamente pelas características de segmentação de mídia. As subcategorias relacionadas à semântica de conteúdo, personalização de conteúdo e características de alto nível envolvendo áudio não tiveram compatibilização com os elementos ontológicos da MPEG-7 Hunter. A categoria *metadados independentes de conteúdo* ficou com um índice de cobertura correspondente a 28.1% (9) frente a 32 requisitos desta natureza, sendo

representados quase que exclusivamente pelos metadados relativos à criação e produção da mídia. Características como classificação e uso da mídia não são tratadas pela ontologia.

Conforme foi exposto na apresentação da ontologia, aspectos relacionados à utilização de construtores de expressões suportados pela linguagem OWL Full a fim de se conceber axiomas não foram explorados pela MPEG-7 Hunter na formalização de seus elementos ontológicos, limitando-se em restrições de propriedades (*domain* e *range*) e de relações *subClassOf*. Tal fato culminou em não considerar axiomas como uma característica presente na ontologia, de acordo com os critérios metodológicos estabelecidos na pesquisa. Como exibido acima, restrições de propriedades (12 identificadas) são bem exploradas na ontologia a fim de capturar mais precisamente as semânticas modeladas. Finalmente, anotações foram identificadas (95.3%) na terminologia compatibilizada e na ontologia como um todo, porém representadas em formato de comentários sem contribuições semânticas, o que promove dificuldades para a pessoa que analisa o código buscando entendimento sobre as entidades envolvidas na conceituação da ontologia.

5.7 MPEG-7 RHIZOMIK

A ontologia Rhizomik foi desenvolvida dentro do projeto *ReDeFer*¹⁹² em 2005 pelos pesquisadores Roberto García e Oscar Celma. O propósito do *ReDeFer* é produzir ontologias fundamentadas no padrão MPEG-7 para integração com iniciativas de metadados multimídia existentes. O projeto teve uma abordagem diferenciada das propostas de tradução manual de partes do padrão MPEG-7, como ocorreu na ontologia de Hunter exibida na seção anterior. A ontologia Rhizomik propõe uma tradução automática completa do esquema MPEG-7 em OWL (GARCÍA e CELMA, 2005). A tradução baseia-se em duas abordagens denominadas XSD2OWL e XML2RDF que mapeiam genericamente XML Schema para OWL e XML para RDF, respectivamente. Desse modo, as abordagens foram aplicadas ao padrão MPEG-7 (baseado em XML) resultando em uma ontologia OWL DL que cobre todos os elementos do padrão. Atualmente, sua versão¹⁹³ compreende 2372 classes e 975 propriedades representadas em OWL Full e tem sido aplicada na integração e recuperação semântica de metadados no domínio da música (*MusicBrainz Metadata Initiative*¹⁹⁴). Ademais, a ontologia MPEG-7 Rhizomik é referenciada no sítio *Multimedia Vocabularies on the Semantic Web* do W3C.

A ontologia MPEG-7 Rhizomik por se tratar de uma tradução automática, preserva a flexibilidade das especificações do padrão MPEG-7 em capturar explicitamente múltiplas interpretações nas definições ontológicas. Nesse sentido, a ontologia permite, por exemplo, a

¹⁹² <http://rhizomik.net/redefer>

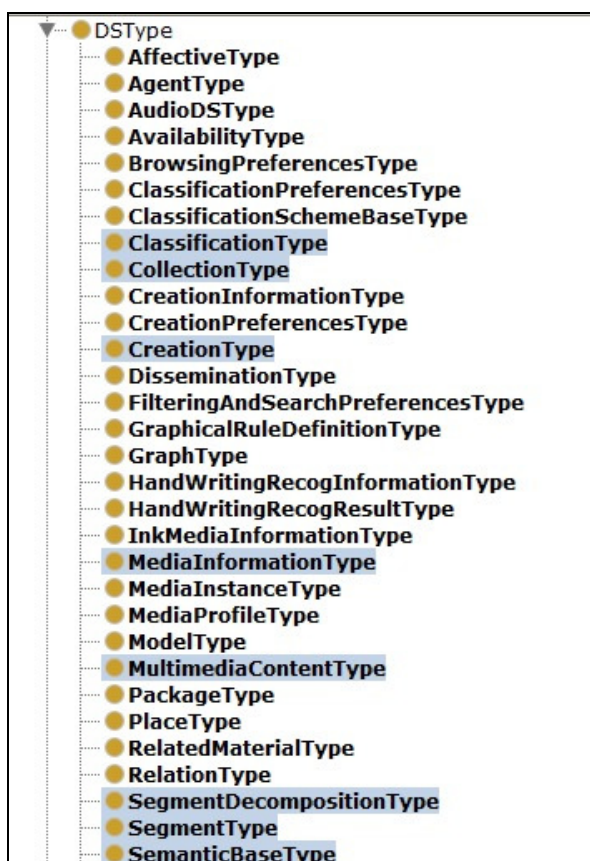
¹⁹³ <http://rhizomik.net/ontologies/2005/03/Mpeg7-2001.owl>

¹⁹⁴ <http://musicbrainz.org>

interpretação das classes de tipos de segmentos como classes de conteúdo multimídia, bem como todos os casos de polissemia e sinonímia envolvendo as descrições, resultando nas mesmas ambiguidades presentes no padrão de metadado MPEG-7, tanto quanto a complexidade e a extensão do mesmo. Comparada às outras propostas de tradução de ontologias MPEG-7 (HUNTER, 2001; TSINARAKI, POLYDOROS e CHRISTODOULAKIS, 2005), as quais não estabeleceram uma tradução elemento por elemento, a engenharia de modelagem da ontologia Rhizomiki não considera diretamente o significado intencionado da descrição, uma vez que poderia se evitar muitos elementos oriundos dos esquemas XML MPEG-7. No processo de tradução, os tipos complexos MPEG-7, a que se percebe, foram convertidos em classes OWL; e os elementos e atributos variaram entre propriedades de objetos e dados.

A Figura 68 ilustra um fragmento da taxonomia envolvendo os tipos de esquemas de descrição MPEG-7 (*DSType*) cobertos pela ontologia Rhizomik, tais como criação, informação e classificação da mídia, coleção multimídia, conteúdo multimídia, segmentos, decomposição de segmentos e base semântica.

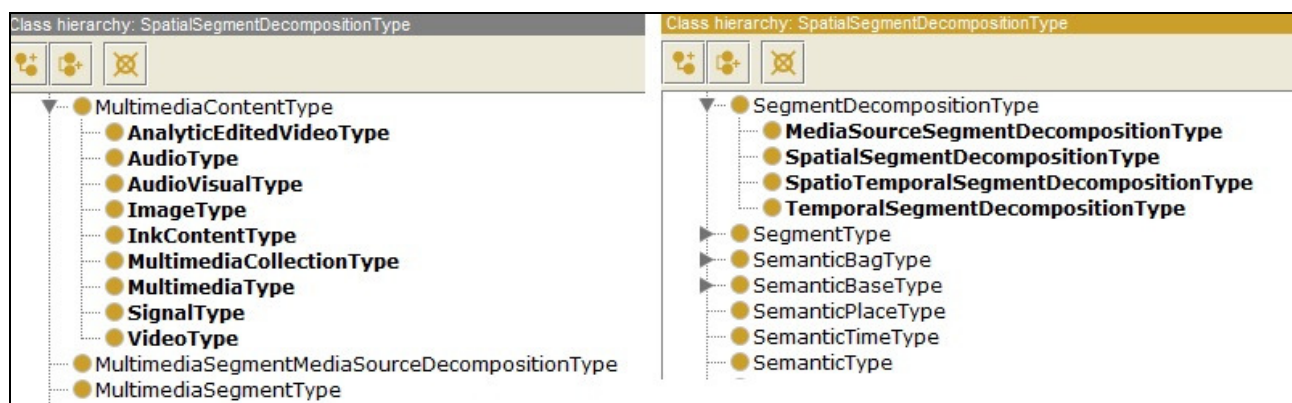
Figura 68 - Taxonomia de tipos de esquemas MPEG-7 Rhizomik



Fonte: captura de tela do software Protégé.

Cada tipo de esquema de descrição (classe na ontologia) pode assumir especializações de acordo com as especificações do padrão como, por exemplo, as classes *MultimediaContentType* e *SegmentDecompositionType* com suas respectivas especializações de tipos de mídia e aspectos de decomposição suportadas pelo padrão MPEG-7, conforme pode ser conferido na Figura 69.

Figura 69 - Taxonomia de classes multimídia MPEG-7 Rhizomik

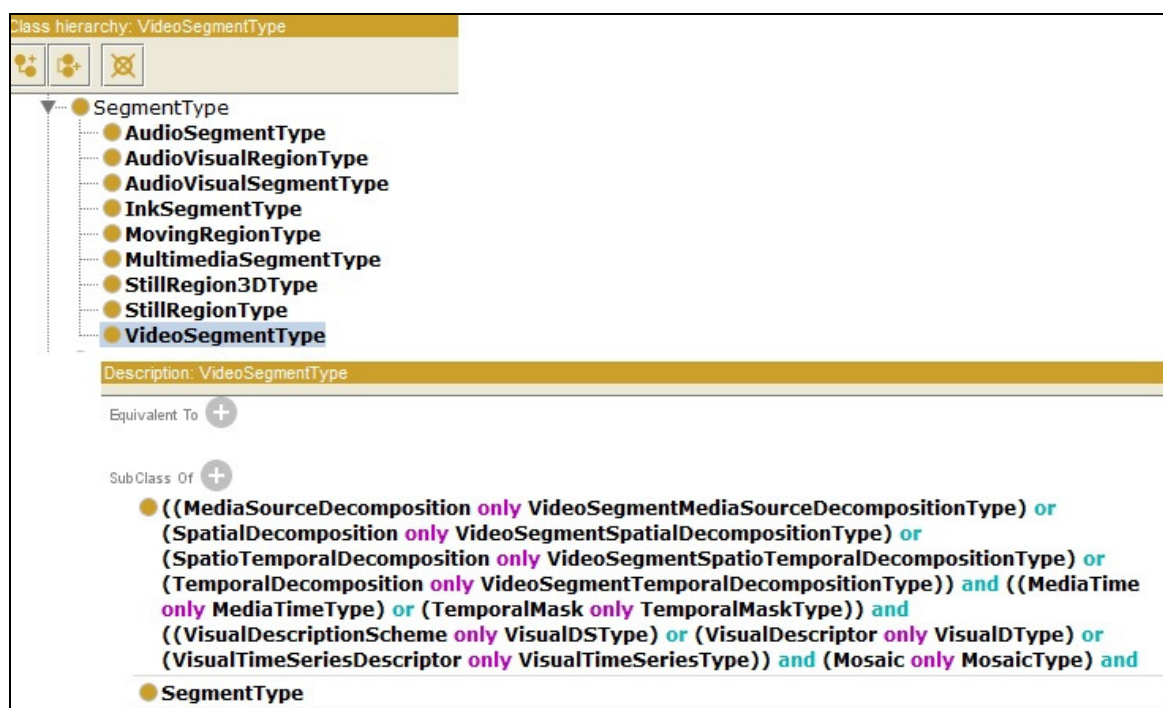


Fonte: captura de tela do software Protégé.

Na proposta Rhizomiki, a abordagem de ligação com ontologias de domínios específicos é promovida pela classe *SemanticBaseType* que reflete descrições para semântica de conteúdo, tais como evento, objeto, agente, lugar, tempo e relações entre noções semânticas. A ontologia possui representações para os descritores de baixo nível visuais e de áudio MPEG-7. Para este último, os descritores referentes a características de alto nível são também contemplados.

Observou-se que grande parte das classes da ontologia Rhizomiki que refletem o padrão de conteúdo multimídia possui axiomas para restringir a interpretação semântica. A Figura 70 ilustra uma declaração de axiomatização na qual impõe uma série de regras lógicas para a relação de subclasse estabelecida para a classe *VideoSegmentType*.

Figura 70 - Axiomatização da classe VideoSegmentType MPEG-7 Rhizomiki



Fonte: captura de tela do software Protégé.

Verificou-se também que tanto as propriedades de objetos quanto as propriedades de dados não possuem restrições para os elementos ontológicos ali declarados, entretanto, na

axiomatização das classes, identificaram-se restrições nas propriedades (especialmente, quantificador universal) por meio do construtor de expressão *SubClassOf*.

Considerou-se a documentação da ontologia Rhizomiki limitada com relação à elicitación do conhecimento inerente à sua conceituação. As informações encontradas resumem-se nos métodos e técnicas empregados no processo de tradução envolvendo os esquemas XML/MPEG-7 e seus resultados em elementos OWL; além de estudos de casos (GARCÍA, GIL e DELGADO, 2007; GARCÍA e GIL, 2007) envolvendo a utilização do *ReDeFer* em mapeamentos específicos. Em relação a informações associadas a testes para esta ontologia, não foram encontrados indícios nas fontes consultadas.

As evidências alcançadas a partir da análise de cobertura terminológica da ontologia MPEG-7 Rhizomiki são as que se seguem. A proposta de Rhizomiki por ser baseada em uma tradução automática completa do padrão MPEG-7 cobriu integralmente os requisitos da pesquisa. A cobertura se deu em 118 termos (98.3%) frente a 120 elencados, sendo que apenas dois termos descritores apontados na documentação inerente à norma ISO não foram encontrados na ontologia. Desse modo, as três categorias de metadados (independentes de conteúdo, dependentes de conteúdo e descritivos de conteúdo) foram totalmente compatibilizadas com a ontologia MPEG-7 Rhizomiki. *Metadados dependentes de conteúdo* alcançou 95.5% (42 termos) pelo fato de os descritores *GoFGoPFeature* e *Perceptual3DShape* não terem sido encontrados no vocabulário da ontologia, conforme já exposto.

A axiomatização é um aspecto forte na ontologia MPEG-7 Rhizomiki em que 87.3% (103) dos elementos compatibilizados possuem declarações lógicas complexas buscando capturar as semânticas implícitas dos metadados XML e seus esquemas pertencentes ao padrão MPEG-7. Por outro lado, um dos aspectos considerado negativo na ontologia é a ausência de anotações que poderiam documentar decisões de modelagem e explicitar significados conceituais para os elementos ontológicos. Outras considerações seriam o fato de as propriedades (38 compatibilizadas) não possuírem restrições de domínio e de escopo e de a taxonomia possuir termos repetidos, o que consome tempo e exige maior atenção na atividade de análise semântica do vocabulário. Para esta, em decorrência do exposto, foram dedicadas 32 horas à inspeção do código e das documentações associadas.

5.8 SMARTWEB MPEG-7

Entre os anos de 2004 e 2007, o projeto de âmbito internacional SmartWeb¹⁹⁵ foi conduzido com o apoio financeiro do *German Federal Ministry of Education and Research* em

¹⁹⁵ http://smartweb.dfki.de/start_en.html

conjunto com parcerias acadêmicas (ex. *German Research Center for Artificial Intelligence*) e da indústria (ex. Siemens). O projeto combina conhecimento especializado de diversas áreas, tais como interfaces inteligentes, tecnologias móveis, indústria automotiva, desenvolvimento de serviços Web, aprendizado de máquina, linguística computacional, extração de conhecimento, análise de dados multimídia, gestão do conhecimento e tecnologias semânticas. Nesse sentido, um conjunto de ontologias relevantes tem sido desenvolvido para apoiar sistemas móveis, multimodais e inteligentes com funcionalidades de respostas a consultas de usuários em temáticas de domínios diversos na Web. Dentre esse conjunto de ontologias, destaca-se a *SmartMedia ontology* baseada no padrão MPEG-7 para anotação de conteúdo multimídia (VEMBU et al., 2006; OBERLE et al., 2007; SONNTAG et al., 2007).

A infraestrutura do projeto SmartWeb é denominada SWIntO (**SmartWeb Integrated Ontology**), a qual é baseada em um modelo ontológico de alto nível consistido pela junção de conceitos de duas ontologias de fundamentação, a DOLCE (MASOLO et al., 2003) e a *Suggested Upper Merged Ontology* (SUMO) (NILES e PEASE, 2001), resultando na denominada SmartSUMO (OBERLE et al., 2007). A decisão de escolha das duas ontologias de alto nível se deu em razão de os integrantes do projeto considerarem a DOLCE muito abstrata, mas com princípios potenciais para organização de conteúdo ontológico; e a SUMO pelo fato de possuir uma taxonomia mais detalhada para efeitos de cobertura de requisitos específicos do projeto SmartWeb (OBERLE et al., 2007). A Figura 71 ilustra a taxonomia com conceitos de alto nível advindos da DOLCE e da SUMO.

Figura 71 - Taxonomia de alto nível do projeto SmartWeb



Fonte: captura de tela do software Protégé.

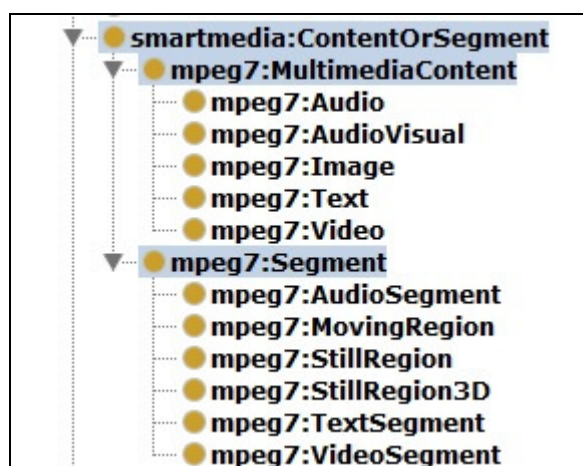
O papel da SmartSUMO é atuar como uma base de modalegam sólida para a construção de ontologias de domínios específicos (ex. eventos esportivos, navegação) baseadas

numa taxonomia rica e axiomatizada. A ontologia *SportEvent*, por exemplo, foi modelada para fornecer fundamentos genéricos de dados relacionados a eventos esportivos, entretanto sua expressividade é mais direcionada a eventos sobre “futebol”, conforme pode ser visualizado na Figura 71. A ontologia usa os conceitos e propriedades introduzidos na SmartSUMO como super classes de seus conceitos no domínio de futebol. A SWIntO também busca integrar conhecimento sobre respostas de consultas específicas representado por uma ontologia do discurso (DISCOnTo), e informação multimodal representada por uma ontologia de mídia (SmartMedia) (ROMANELLI, SONNTAG, e REITHINGER, 2006; SONNTAG et al., 2007).

A SmartMedia é uma ontologia multimídia baseada no padrão MPEG-7 para anotação de conteúdo multimídia, tais como imagem, áudio, vídeo e fragmentos de texto. A ontologia permite a modelagem de descrições MPEG-7 e pode ser representada em OWL e RDFS. A versão da ontologia disponibilizada e analisada nesta pesquisa encontra-se em RDFS¹⁹⁶. A cobertura das descrições MPEG-7 incluem ferramentas de descrição de baixo nível, aspecto estrutural, informação de mídia e localização. Características envolvendo criação e produção são cobertas indiretamente pelas classes e propriedades independentes de mídia, construídas sob as duas ontologias de fundamentação que constituem a SWIntO.

A taxonomia que reflete os aspectos de conteúdo e segmentos multimídia é ilustrada na Figura 72. A classe *MultimediaContent* especializa as classes *Audio*, *AudioVisual*, *Image*, *Text* e *Video*. E a classe *Segment* especializa as classes *AudioSegment*, *MovingRegion*, *StillRegion*, *StillRegion3D*, *TextSegment* e *VideoSegment*.

Figura 72 - Taxonomia de conteúdo e segmentos multimídia SmartWeb MPEG-7

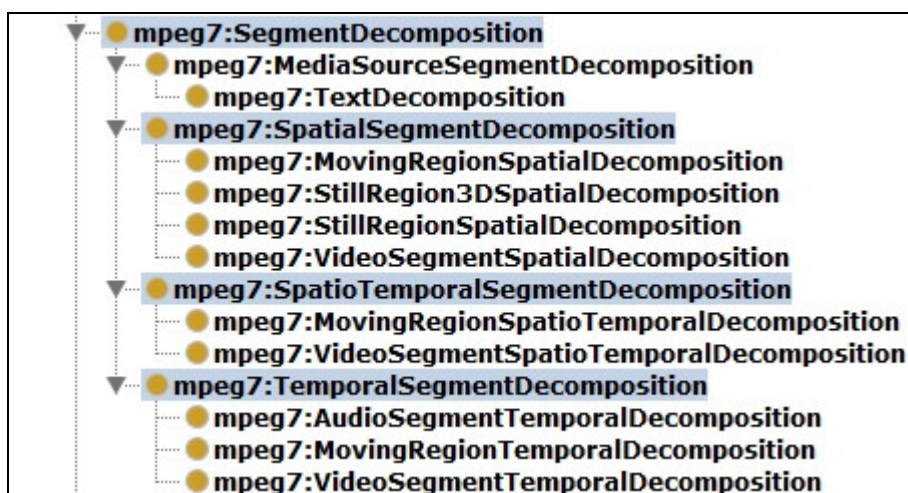


Fonte: captura de tela do software Protégé.

Seguindo os princípios do padrão de metadado multimídia, a ontologia SmartWeb MPEG-7 também permite representar as decomposições de segmentos multimídia nas dimensões espacial (*SpacialSegmentDecomposition*), temporal (*TemporalSegmentDecomposition*) e espaço temporal (*SpatioTemporalSegmentDecomposition*), conforme ilustra a Figura 73.

¹⁹⁶ <http://www.smartweb-project.de/ontology/swinto0.3.1.rdfs>

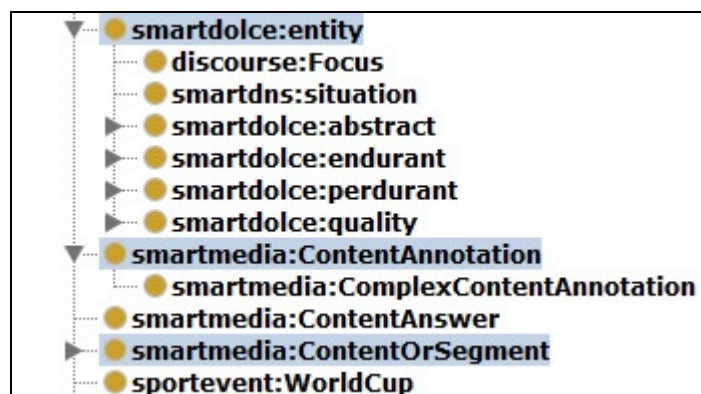
Figura 73 - Taxonomia de decomposição de segmentos multimídia SmartWeb MPEG-7



Fonte: captura de tela do software Protégé.

Em se tratando da ligação entre uma instância multimídia e um conteúdo semântico de ontologias de domínios específicos, a realização se dá por meio da classe denominada *ContentAnnotation* e conceitos *Entity* da ontologia SmartDolce e *ContentOrSegment* da ontologia MPEG-7. Essa integração é realizada por duas propriedades oriundas da ontologia SmartMedia, a *smartmedia:aboutDomainInstance* (*range* smartdolce:entity) e *smartmedia:aboutMediaInstance* (*range* smartmedia:ContentOrSegment) que, por exemplo, integram a ontologia multimídia a ontologia de eventos esportivos. A Figura 74 mostra as classes conceituais que promovem a integração supracitada.

Figura 74 - Integração promovida pela ontologia SmartWeb MPEG-7

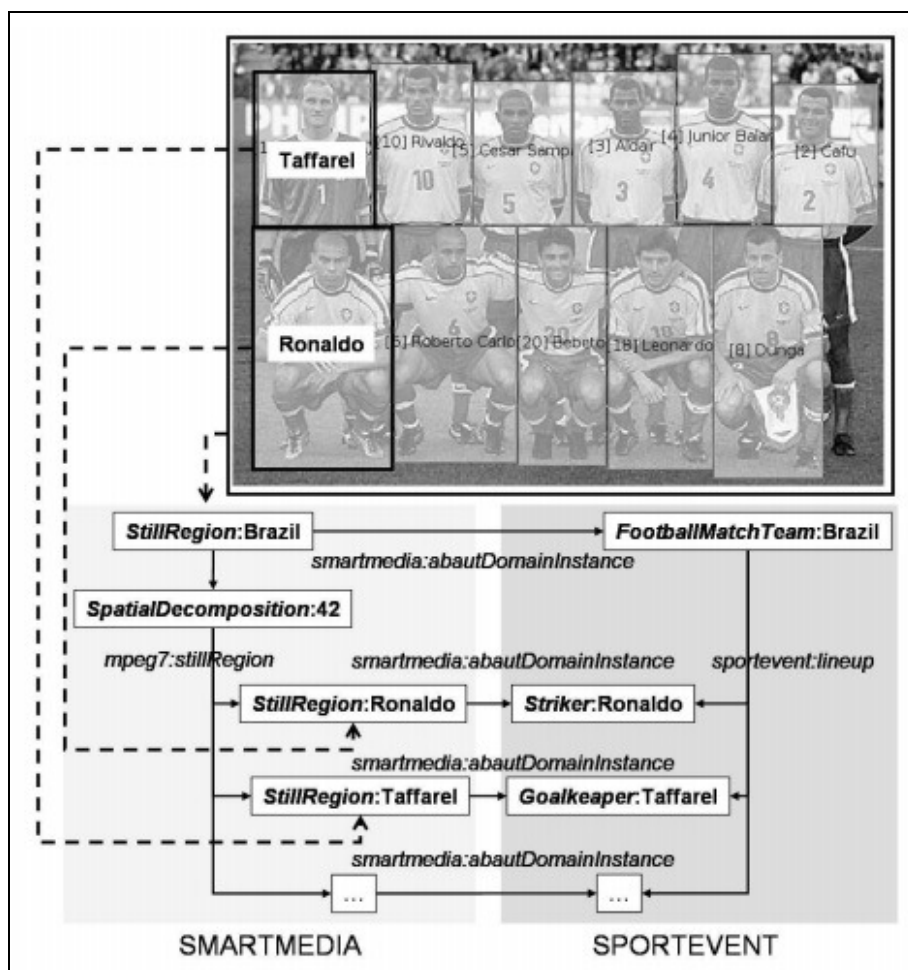


Fonte: captura de tela do software Protégé.

A Figura 75 ilustra um exemplo de uma situação de decomposição de imagem e a integração entre instâncias de objetos mídia e instâncias de uma ontologia de domínio específico. No exemplo, uma instância da classe *mpeg7:StillRegion*, representando a imagem do “time da seleção brasileira da copa do mundo de 1998”, é decomposta em diferentes instâncias *mpeg7:StillRegion* representando os segmentos de imagem que mostram jogadores individualmente (ex. Taffarel e Ronaldo). A instância *mpeg7:StillRegion* representando a imagem completa é então ligada (propriedade *smartmedia:aboutDomainInstance*) a uma instância (“Brazil”) da ontologia de

domínio *sportevent:FootballMatchTeam*; e cada segmento da imagem correspondente a um jogador é ligado a uma instância (ou subinstância) de *sportevent:FieldFootballPlayer*.

Figura 75 - Decomposição e anotação semântica de mídia SmartWeb MPEG-7



Fonte: Sonntag et al. (2007).

As fontes consultadas relativas à documentação da representação do conhecimento das ontologias envolvidas no projeto SmartWeb, especialmente a SmartMedia, não foram consideradas completas no que diz respeito a elucidação clara das decisões de modelagem para a representação das descrições MPEG-7, bem como o significado mais preciso dos elementos ontológicos constituintes. Apesar de o sítio do projeto SmartWeb disponibilizar vários artigos científicos¹⁹⁷ para consulta, a documentação envolvendo relatos sobre as ontologias multimídia foi considerada genérica, não fornecendo, portanto, informações detalhadas sobre as ontologias baseadas no MPEG-7 e experiências de outros projetos que fazem uso destas, por exemplo. No que diz respeito a possíveis testes disponibilizados para as ontologias multimídia, não foram encontradas informações inerentes.

As constatações sobre a cobertura terminológica das ontologias multimídia do projeto SmartWeb frente aos requisitos da pesquisa, bem como características ontológicas associadas, são descritas como se segue. A proposta da SmartWeb MPEG-7 cobre parcialmente os requisitos da

¹⁹⁷ http://smartweb.dfki.de/main_inf_en.pl?papers_en.html

pesquisa, sendo 41 requisitos (34.2%) frente a 120 no total. Os *metadados descritivos de conteúdo* foram os mais representativos com 21 termos (47.7%) compatibilizados frente a 44 requisitos para esta categoria. Os aspectos envolvendo segmentação, decomposição de segmentos e semântica de conteúdo multimídia, oriundos do padrão MPEG-7, foram os que tiveram maior contribuição. Destaca-se que as características semânticas foram cobertas pelo modelo ontológico de alto nível constituído pelas ontologias de fundamentação DOLCE e SUMO. Os metadados para personalização de conteúdo e características de alto nível envolvendo áudio não são tratados pelas ontologias multimídia do projeto. Em seguida têm-se os *metadados independentes de conteúdo* com 15 requisitos (46.9%) cobertos pelas ontologias multimídia frente a 32 requisitos para esta categoria. Destacaram-se os metadados para criação e produção de mídia (alguns compatibilizados indiretamente pelas ontologias de fundamentação concernentes) e informações de mídia realizada. As subcategorias classificação e uso da mídia não tiveram cobertura ontológica. E os metadados *dependentes de conteúdo* não tiveram cobertura satisfatória, sendo cobertos por apenas 5 descritores (11.4%) frente a 44 requisitos desta natureza. A cobertura se deu especialmente para as características visuais de cor. Apesar de a ontologia MPEG-7 comportar a classe *mpeg7:AudioDescriptor*, os descritores de baixo nível para áudio não são tratados na conceituação conforme recomendações advindas do padrão de metadados multimídia.

A versão da SmartWeb MPEG-7 por ser representada na linguagem RDFS não possui primitivas lógicas para formulação de declarações restritivas em seus elementos. Em consequência, não foram identificados axiomas no vocabulário das ontologias envolvidas. O único formato para restrições se deu com o elemento *range* em 33 propriedades identificadas na compatibilização envolvendo relações e atributos. Finalmente, a análise do conhecimento ontológico da SmartWeb MPEG-7, mesmo com uma documentação não detalhada, não foi considerada custosa pelo fato de todos os seus elementos (100%) possuírem comentários satisfatórios, o que muito ajudou no processo de análise de compatibilização semântica entre os vocabulários, e de todos os termos possuírem prefixos com a origem do recurso de conhecimento utilizado, como, por exemplo, *mpeg7:ColorQuantization*, *smartmedia:ContentOrSegment*, *smartdolce:entity*. Tais características tornam o código da ontologia mais claro, facilitando a identificação e a extração do conhecimento envolvido. Nesse sentido, foram dedicadas 24 horas à atividade de análise das ontologias do projeto SmartWeb.

5.9 POLYSEMA MPEG-7 MDS

A ontologia MPEG-7 MDS¹⁹⁸ foi desenvolvida no ano de 2006 dentro do projeto Polysema¹⁹⁹ conduzido por grupos de pesquisa da *University of Athens (Pervasive Computing Research Group)* e parcerias da indústria (ex. Siemens). O projeto propôs uma infraestrutura adequada para gerenciamento e processamento semântico de conteúdo multimídia com o uso de ontologias e padrões de metadados em ambientes interativos, especialmente serviços de TV digital e ferramentas para anotação de vídeos.

O propósito da ontologia multimídia é cobrir descrições baseadas na parte 5 (*Multimedia Description Schema*, MDS) do padrão MPEG-7 e subsidiar a ferramenta de anotação de vídeo (VALKANAS, TSETSOS, HADJIEFTHYMIADES, 2007) na exportação de documentos MPEG-7 bem como instâncias ontológicas MPEG-7. Tal ferramenta foi construída com o objetivo de testar a plataforma de TV digital interativa (*smart iTV receiver framework*) nas funções de coletar, estender e processar metadado semântico relacionado a transmissão de conteúdo multimídia (PAPADIMITRIOU et al., 2009).

Segundo Valkanas, Tsetsos, Hadjiefthymiades (2007), a ontologia MPEG-7 MDS é baseada na proposta DS-MIRF²⁰⁰ (TSINARAKI, POLYDOROS e CHRISTODOULAKIS, 2005), a qual capturou totalmente a semântica dos esquemas de descrição multimídia MPEG-7. Entretanto, a ontologia do projeto Polysema contém um subconjunto dos elementos MPEG-7 MDS, incluindo informações de criação e produção (ex. título, abstract, data e lugar da criação), classificação da mídia (ex. gênero, orientação para os pais) e características concernentes à segmentação de tipos de mídia.

As características semânticas são tratadas na ferramenta de anotação de vídeo por meio do uso de ontologias de domínios específicos, as quais funcionam como esquemas de classificação ou vocabulários controlados para facilitar o processo de anotação. Desse modo, anotações de segmentos como o *mpeg7: TextAnnotation* podem ser realizadas com o uso de ontologias de domínio provenientes, de preferência, segundo seus autores, do grupo W3C que lida com vocabulários e ontologias multimídia. Exemplos de ontologias²⁰¹ pré-definidas para uso na ferramenta de anotação são *TV-Anytime genre* e *esquemas de classificação parental rating*. Finalmente, torna-se válido ressaltar que a ontologia MPEG-7 MDS não contempla a proposta de

¹⁹⁸ <http://polysema.di.uoa.gr/ont/mds.owl>

¹⁹⁹ http://polysema.di.uoa.gr/index_en.html

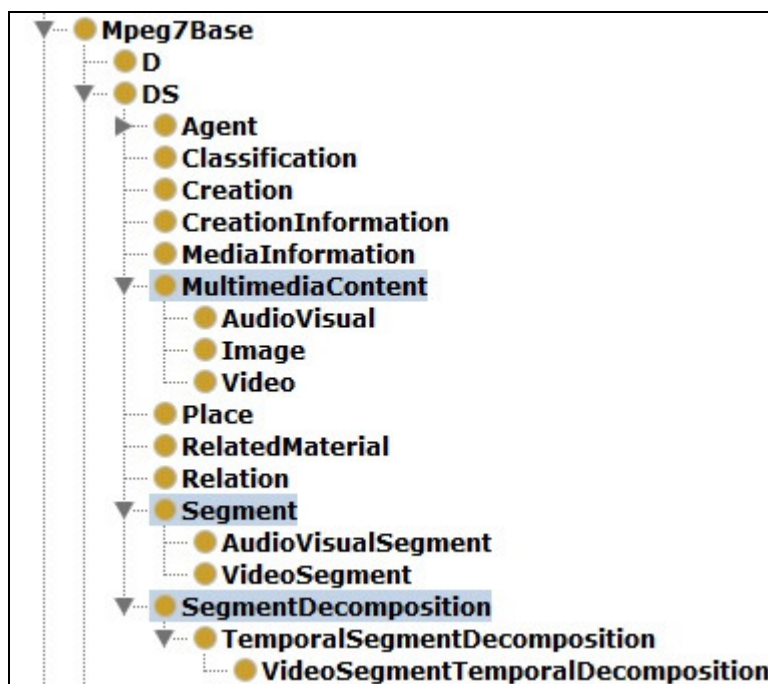
²⁰⁰ A ontologia candidata a reuso MPEG-7 Tsinaraki não foi selecionada para esta análise devido a problemas técnicos relacionados à tentativa de abertura de seu código no *software* Protégé.

²⁰¹ <http://polysema.di.uoa.gr/en/resources.html>

descrição de alto nível expressa pelos esquemas e descritores semânticos do MPEG-7, como evento, objeto, agente, espaço, tempo e relações entre noções semânticas.

A Figura 76 ilustra uma parte da taxonomia da ontologia Polysema MPEG-7 MDS destacando a classe (*MultimediaContent*) para organização dos tipos de conteúdo multimídia (*AudioVisual*, *Image* e *Video*) e as classes que representam características associadas a segmentação de tipos de mídia (*Segment*) e a decomposição (*SegmentDecomposition*) temporal para segmentos de vídeo.

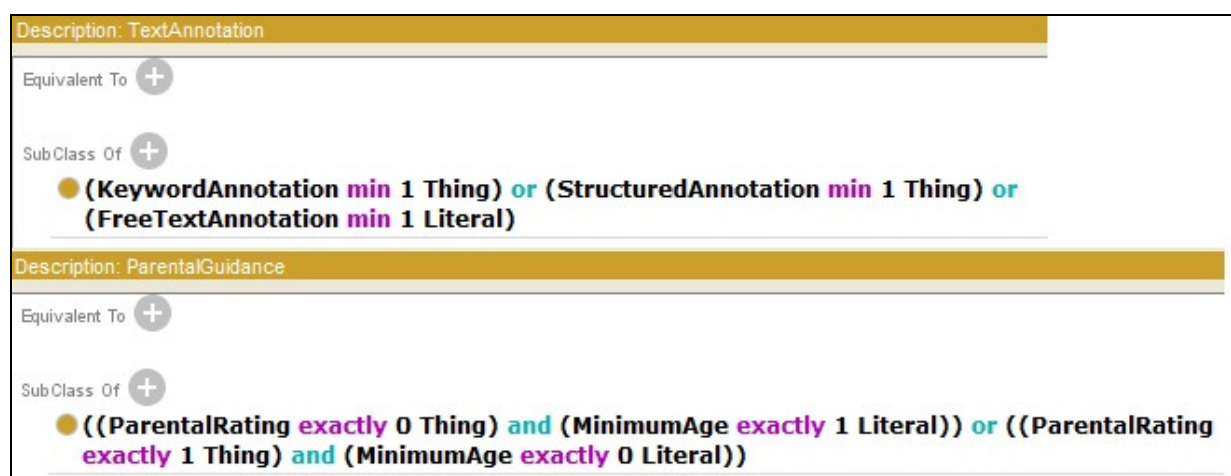
Figura 76 - Parte da taxonomia da Polysema MPEG-7 MDS



Fonte: captura de tela do software Protégé.

A axiomatização da ontologia Polysema MPEG-7 MDS se dá basicamente por meio de declarações envolvendo conectivos lógicos e construtores de cardinalidade em propriedades das classes. A Figura 77 ilustra um exemplo de axiomatização para as descrições das classes *TextAnnotation* e *ParentalGuidance*.

Figura 77 - Característica de axiomatização da Polysema MPEG-7 MDS



Fonte: captura de tela do software Protégé.

A documentação disponível no sítio do projeto não elucida de modo detalhado a conceituação da ontologia multimídia, como, por exemplo, decisões de modelagem para a organização conceitual das descrições MPEG-7. A documentação em formato de artigos científicos também não fornece informações detalhadas sobre experiências de outros projetos que fazem uso da Polysema MPEG-7 MDS. Informações sobre possíveis testes e avaliações dos mesmos não foram encontradas nas fontes consultadas.

Os requisitos funcionais da pesquisa (120) foram cobertos parcialmente pela ontologia MPEG-7 MDS do projeto Polysema, com o total de 29 requisitos (24.2%) compatibilizados semanticamente. O pequeno número de requisitos compatibilizados se deve ao fato de a ontologia ter sido projetada, a princípio, para subsidiar uma ferramenta para anotação de segmentos de vídeo envolvendo esquemas e descritores MPEG-7 de alto nível para esta modalidade. Desse modo, os *metadados dependentes de conteúdo* que agrupam descritores de baixo nível para áudio e visuais não tiveram cobertura. A categoria de metadados com maior índice de cobertura foi a *independentes de conteúdo* com 62.5% (20) frente a 32 requisitos funcionais, destacando as subcategorias de criação e produção e classificação da mídia que tiveram participação satisfatória. A categoria *metadados descritivos de conteúdo* ficou com um índice de cobertura correspondente a 20.5% (9) frente a 44 requisitos funcionais, sendo representada exclusivamente pelos metadados para segmentos de mídia, destacando a dimensão temporal como o único aspecto tratado na ontologia para decomposição de segmentos de vídeo e recursos audiovisuais. Ademais, os metadados para semântica de conteúdo, personalização de conteúdo e características de alto nível envolvendo áudio não são contemplados na ontologia multimídia. Em decorrência do pequeno índice de compatibilização terminológica e da simplicidade da estrutura de conhecimento da ontologia, a atividade de análise consumiu 8 horas de pesquisa.

Conforme foi explanado na apresentação da ontologia MPEG-7 MDS, axiomas não é uma característica forte no projeto Polysema pelo fato de não se explorar os construtores de expressões da linguagem OWL. O máximo que se representa são declarações envolvendo conectivos lógicos e restrições de cardinalidade em propriedades das classes. Nessas circunstâncias, identificaram-se 15 axiomas (51.7%) na terminologia compatibilizada, sendo o seu valor considerado baixo como critério de avaliação da ontologia. Situação semelhante ocorreu para o critério anotações que apesar de seu índice corresponder a 96.6% (28), o seu valor foi considerado baixo pelo fato de seus cometários não transmitirem contribuições semânticas para o ontologista. As propriedades identificadas totalizam-se em 23, sendo integralmente restringidas pelos elementos RDFS *domain* e *range*.

6 - ANÁLISE COMPARATIVA DAS ONTOLOGIAS MULTIMÍDIA

Após a análise minuciosa das nove ontologias multimídia candidatas a reuso, o presente capítulo se propõe a descrever a análise comparativa sobre as mesmas frente aos dezessete critérios avaliativos determinados na pesquisa. Tais critérios foram organizados em quatro dimensões concernentes a reuso, a saber: i) *custo de reuso*, que estima os custos relacionados a tempo e a economia necessários ao reuso da ontologia candidata; ii) *esforço para entendimento*, que avalia esforços necessários para entendimento da ontologia candidata; iii) *esforço para integração*, que avalia esforços necessários à integração da ontologia candidata frente a proposta de modelagem multimídia; e iv) *confiabilidade*, que analisa a confiança em relação ao uso da ontologia candidata.

De modo a facilitar a compreensão das avaliações realizadas nos critérios envolvendo as ontologias multimídia, o capítulo disponibiliza alguns gráficos e quadros contendo informações sobre as ontologias analisadas e pontuações resultantes para cada dimensão e critérios correspondentes. Na análise de cada gráfico, a estratificação da informação inerente à determinada dimensão pode ser encontrada no Quadro 21.

Torna-se válido salientar que o método para a obtenção das pontuações, conforme elucidado na metodologia da pesquisa, se deu por média ponderada envolvendo pesos determinados e valores mensurados para os critérios. Para este último, a escala de valores foi determinada de 0 a 3 correspondendo, em sequência, aos seguintes qualificadores linguísticos: (D)esconhecido, (B)aixo, (M)édio e (A)lto. Nesse sentido, a pontuação resultante sempre permanece numa escala de 0 a 3.

A organização do capítulo se dá da seguinte forma: a seção 6.1 trata da dimensão *custo de reuso* refletindo os aspectos econômicos e temporais na aquisição e na abertura das ontologias em editor específico; a seção 6.2 descreve *esforço para entendimento* voltado a qualidade da documentação, disponibilidade de conhecimento externo, clareza no código e anotações na terminologia compatibilizada; a seção 6.3 expõe *esforço para integração* incluindo características funcionais multimídia cobertas pelas ontologias e adequação a extração de conhecimento, a convenção de nomes e a linguagem de implementação; a seção 6.4 apresenta a dimensão *confiabilidade* traçando comparações sobre a reputação do time de desenvolvimento das ontologias, confiabilidade no propósito de construção, suporte prático, testes e avaliações disponíveis, recursos de conhecimento utilizados e axiomas identificados na terminologia compatibilizada; finalmente, a seção 6.5 dedica-se a delinear considerações gerais sobre aspectos importantes relacionados às ontologias multimídia candidatas a reuso.

6.1 CUSTO DE REÚSO

O aspecto custo econômico de uma forma geral foi avaliado como baixo pelo fato de o acesso as nove ontologias ter ocorrido de maneira gratuita por meio de repositórios da Web indicados na literatura ou de *links* apontados por máquinas de busca da Web Semântica. Já o aspecto tempo requerido variou entre baixo e médio. As ontologias avaliadas com tempo baixo para acesso e abertura no Protégé foram prontamente analisadas. As ontologias do projeto Boemie, a MPEG-7 Hunter e a MPEG-7 Rhizomik foram avaliadas com valor médio em função das constatações que se seguem.

O sítio oficial do projeto Boemie até o presente momento desta pesquisa encontrava-se indisponível para acesso. Precisou-se entrar em contato por e-mail com os autores do projeto a fim de solicitar uma forma de acesso às versões atuais das ontologias envolvidas. Apesar do êxito no retorno da indicação da fonte por um de seus autores, a ação de formulação do contato e o tempo de espera na obtenção da informação justificaram a mensuração para o critério.

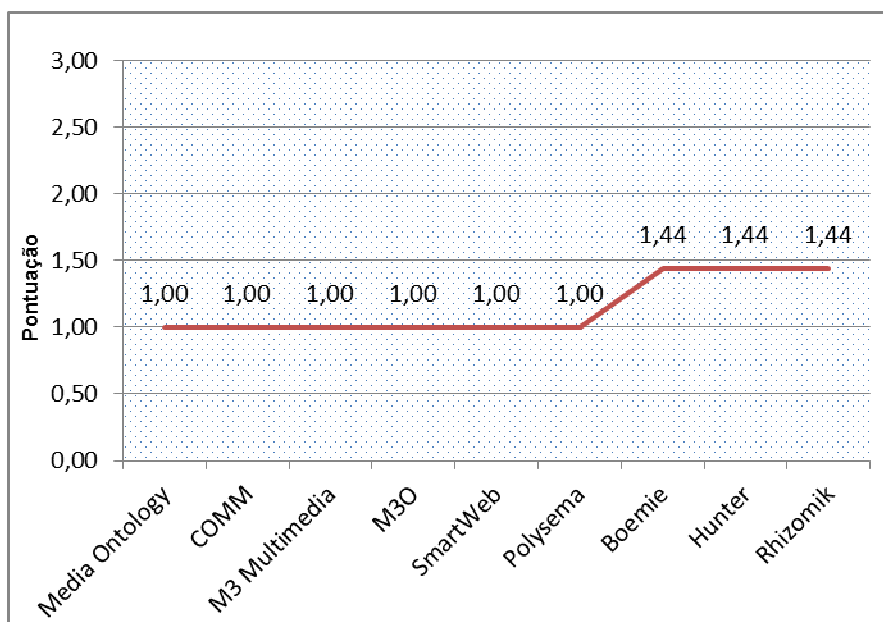
A indicação de acesso para a ontologia MPEG-7 de Jane Hunter, tanto na literatura quanto na máquina de busca, destinava-se a um repositório sem acesso. Buscou-se também estabelecer contato por e-mail com a autora a fim de obter acesso ao material atualizado, mas não houve retorno em tempo. Por fim, a alternativa resultou na aquisição do material em *cache*. Desse modo, o tempo consumido para o acesso à ontologia foi classificado como médio.

No caso da ontologia MPEG-7 do projeto Rhizomiki, o acesso foi instantâneo pelo sítio do mesmo. Entretanto, na tentativa de abertura da ontologia no Protégé, várias classes encontravam-se com uma nomenclatura ilegível, o que estimulou a ação de contactar os desenvolvedores para averiguar o fato. Um de seus autores retornou com a seguinte explicação: como a ontologia foi gerada por um mecanismo de tradução automática a partir do XML *Schema* MPEG-7, incluindo estruturas de dados sem nomes do esquema XML, várias classes anônimas foram geradas em OWL sem um ID explícito, fazendo com que o Protégé gerasse IDs automáticos (com nomes ilegíveis) para tais classes. Desse modo, optou-se em analisar a ontologia sabendo que o impasse não refletiria na qualidade semântica envolvida nas descrições das classes (axiomas, por exemplo). Contudo, o impasse impactaria negativamente na clareza do código bem como na sintaxe para questões de interoperabilidade. Assim, o tempo requerido para esclarecer o impasse técnico e tomar as decisões que refletiriam no *corpus* da pesquisa foi levado em consideração na mensuração do critério.

O Gráfico 1 apresenta a pontuação das ontologias multimídia frente à dimensão *custo de reúso* (conferir Quadro 21). Pode-se observar a estabilidade para as seis primeiras ontologias (1,00)

e uma elevação na pontuação (1,44) para as ontologias do projeto Boemie, MPEG-7 Hunter e MPEG-7 Rhizomik, conforme explanado acima.

Gráfico 1 - Pontuação das ontologias multimídia na dimensão custo de reuso



Fonte: elaborado pela autora.

Os dois critérios classificados na dimensão *custo de reuso* foram ponderados com pesos negativos por influenciar, neste aspecto, a pontuação final endereçada ao *ranking* das ontologias multimídia candidatas a reuso.

6.2 ESFORÇO PARA ENTENDIMENTO

O esforço empreendido no entendimento das ontologias analisadas foi diretamente proporcional à disponibilização de fontes documentais envolvendo as conceituações das ontologias, que se resumiam na elucidação clara de conceitos, propriedades e restrições incluídos nas estruturas de conhecimento embutidas. Outro recurso de informação foi o sítio destinado ao projeto de pesquisa envolvendo a construção destas ontologias ou mesmo em outros projetos que praticaram reuso de partes de conhecimento envolvendo suas estruturas. Estas fontes, quando disponíveis para uso, foram importantes em muitos casos para acesso a memória do projeto e a métricas das estruturas de conhecimento, tais como número de classes, de propriedades e de instâncias. No que diz respeito à análise do código das ontologias, a compreensão se deu em função da organização da taxonomia, das descrições formais para as classes e propriedades, de uma nomenclatura padronizada e legível, e, principalmente, de anotações associadas a explicações semânticas sobre os elementos ontológicos bem como suas origens (ex. MPEG-7, DOLCE, DUL).

Autores de metodologias consagradas na literatura para construção de ontologias (USCHOLD e GRUNINGER, 1996; GRUNINGER e FOX, 1995; FERNANDEZ, GOMEZ-

PEREZ E JURISTO, 1997) consideram a documentação imprescindível em cada fase do ciclo de vida da ontologia no sentido de registrar todo o conhecimento acerca do projeto de construção. Pode vir a ser útil no caso de surgir necessidade de manutenção (modificação na estrutura) e reúso da ontologia em outras aplicações, buscando manter, dessa forma, a consistência entre os elementos ontológicos alinhados.

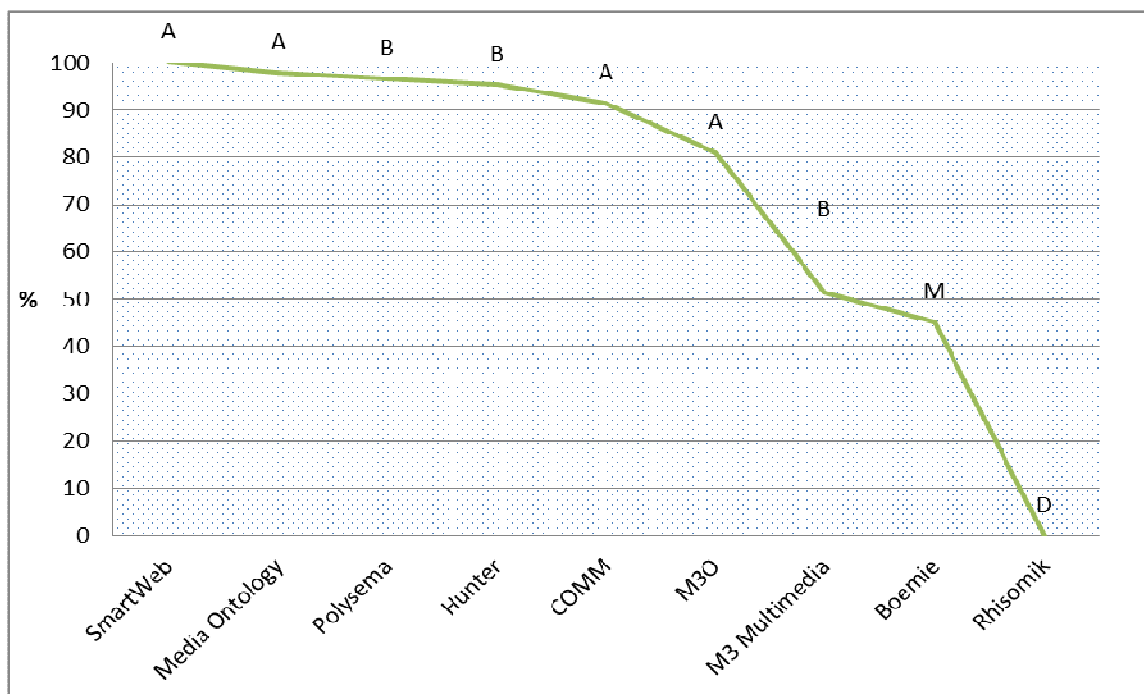
Uschold e King (1995) afirmam que todas as pretensões da ontologia consideradas importantes devem ser documentadas, juntamente com os principais conceitos definidos bem como as primitivas usadas para expressar as definições nas ontologias de alto nível. Gomez-Perez, Fernandez e Vicente (1996) ponderam que não existe um guia consensual de como documentar a construção de ontologias. Em muitos casos, a documentação disponível contempla apenas o código da ontologia e um texto em linguagem natural anotando as definições formais. Destacam a importância da geração da documentação na fase de conceituação no sentido de possibilitar equiparações entre representações intermediárias e escopo da ontologia, além de visão ampliada da utilidade da ontologia para um domínio sem precisar acessar o seu código. Noy e McGuinness (2001) na proposta do *método 101* propõem documentações a partir da ferramenta Protégé na descrição em linguagem natural dos elementos ontológicos. O método também recomenda documentar premissas relevantes sobre o domínio como lista de sinônimos e limitações de escopo. Smith (2013) reforça as orientações realçando a importância das anotações em linguagem natural realizadas com princípios ontológicos no sentido de viabilizar as definições lógicas nos elementos da ontologia, garantindo, por conseguinte, a qualidade da semântica formal da ontologia construída. Finalmente, a ciência da informação também traça considerações importantes sobre documentação no processo de construção de vocabulários controlados, tendo em vista que ontologias podem ser consideradas um tipo especial de vocabulário controlado (SILVA, SOUZA e ALMEIDA, 2008). A norma ANSI/NISO Z39.19-2005 para construção de vocabulários controlados recomenda algumas diretrizes direcionadas ao conteúdo da documentação, a saber: i) propósito do vocabulário controlado; ii) escopo envolvendo o domínio coberto; iii) significado de todas as abreviaturas e convenções; iv) regras adotadas na seleção das formas preferidas dos termos e o estabelecimento de seus relacionamentos; v) regras provenientes de guias ou padrões recomendados; vi) métricas para a terminologia; vii) período de atualização do vocabulário controlado; viii) declaração da política de atualização; e ix) informação de contato para envio de comentários e sugestões.

Das nove ontologias analisadas, a Media Ontology se destacou com pontuação alta em todos os critérios (qualidade da documentação, disponibilidade de conhecimento externo, clareza no código e anotações na terminologia compatibilizada) envolvendo a categoria *esforço para entendimento*. Acredita-se que por ser uma proposta oriunda de um grupo de pesquisa do W3C (*Media Annotation Working Group*) especializado em questões de anotação semântica de recursos

de mídia no paradigma de mundo aberto, a equipe envolvida buscou empreender esforços na produção e na disponibilização de documentos concernentes ao conhecimento da ontologia. O mesmo procedimento ocorreu para a clarificação do código da ontologia, incluindo organização taxonômica favorável com conceitos delimitados e declarações conceituais adequadas para a maioria de seus elementos ontológicos, facilitando, assim, a interpretação semântica por parte do ontologista envolvido na análise. Em decorrência à qualidade da proposta, comprovada nos resultados aqui presentes, informações relevantes a respeito da Media Ontology são encontradas também em outros projetos que praticaram alinhamentos com a sua estrutura, como foram os casos da M3 Multimedia e da M3O.

O critério anotações identificadas na terminologia compatibilizada foi avaliado seguindo a seguinte heurística: se o número de anotações ficou acima de 60% *e* com declarações conceituais, o valor foi determinado como (A)lto; se o número de anotações ficou no intervalo entre 40 a 60% *e* com declarações conceituais, o valor foi determinado como (M)édio; e se o número de anotações ficou abaixo de 40% *ou* ocorreram anotações com poucas contribuições semânticas, o valor foi determinado como (B)aixo. Nesse aspecto, o Gráfico 2 apresenta a escala de percentuais (conferir Quadros 20 e 21) representando a presença de anotações na terminologia compatibilizada e suas respectivas mensurações para cada ontologia multimídia analisada.

Gráfico 2 - Mensuração para o critério anotações na terminologia compatibilizada



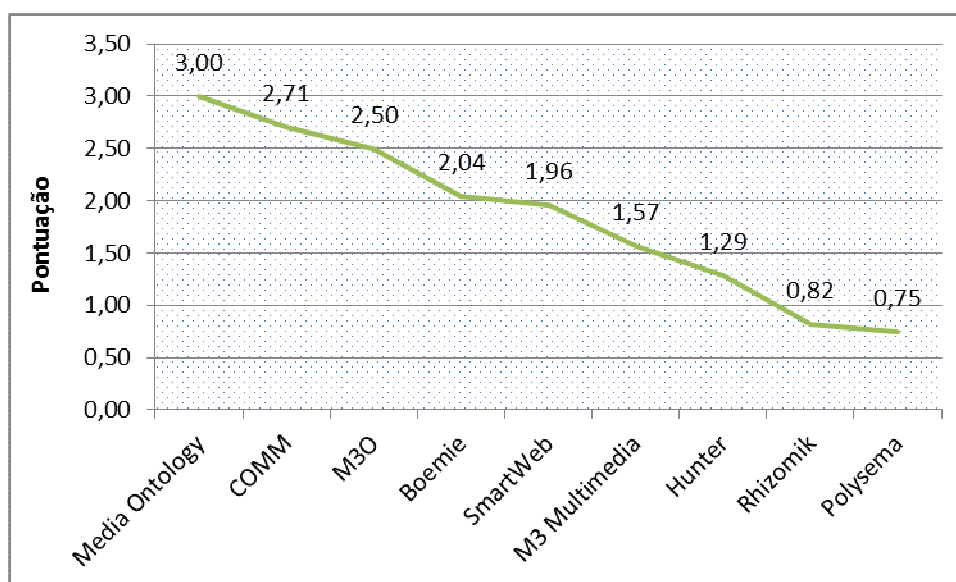
Fonte: elaborado pela autora.

As ontologias COMM e M3O são endereçadas a propostas abrangentes para anotação multimídia e, por conta disso, utilizam ontologias de fundamentação em suas estruturas, como a DOLCE e a DUL as quais são documentadas por meio de ricas anotações em seus elementos. A SmartWeb MPEG-7 também foi bem avaliada no aspecto de uso adequado de anotações pelo fato

de usar a DOLCE e a SUMO como fundamentações em suas estruturas de conhecimento. Diante às constatações e aliado ao fato de o número de anotações ter ficado acima de 60% (conforme regra supracitada), SmartWeb, Media Ontology, COMM e M3O foram avaliadas com conceito “A”, conforme indica o Gráfico 2. Exemplos de uso frequente de anotações (acima de 90%), mas sem contribuições semânticas ocorreram para a Polysema MPEG-7 e MPEG-7 Hunter, demonstrando a fragilidade perceptiva destas ontologias, o que resultou numa classificação “B”. Há de se destacar também o projeto Rhizomik que não se ocupou em documentar o código da ontologia após o processo de tradução automática frente aos esquemas XML MPEG-7, redundando num conceito “D”. As ontologias do projeto Boemie e a ontologia M3 Multimedia ficaram com percentuais próximos em relação a uso de anotações, porém esta última obteve conceito “B” em função de os comentários nos elementos ontológicos não transmitirem explicações relevantes sobre os mesmos.

O Gráfico 3 apresenta a pontuação (conferir Quadro 21) decrescente para cada ontologia na dimensão *esforço para entendimento*.

Gráfico 3 - Pontuação das ontologias multimídia na dimensão esforço para entendimento



Fonte: elaborado pela autora.

Observa-se que a pontuação para as três primeiras ontologias bem como para as três últimas colocadas seguiu a tendência evidenciada no critério anotação apresentada no Gráfico 2. Tal fato leva a inferir que ontologias detentoras de anotações esclarecedoras tendem a ter documentações de qualidade, ser reusadas em outros projetos e a ter um código compreensível. Há de se notar também que as três primeiras ontologias possuem uma proposta comum em descrever genericamente conteúdo multimídia na Web, sendo necessário um cuidado especial na explicitação do conhecimento para fins de reúso por outras aplicações. Finalmente, a realidade empírica quando confrontada com princípios teóricos e metodológicos advindos de cientistas da informação e de metodologias e normas para construção de ontologias e vocabulários controlados, redundando no

entendimento de que a Media Ontology, a COMM e a M3O são ontologias pertinentes para uma análise estável de seus elementos.

6.3 ESFORÇO PARA INTEGRAÇÃO

A dimensão *Esforço para integração* envolvendo as ontologias multimídia analisadas foi avaliada a partir da adequação a características multimídia (que se refere à quantidade de requisitos coberta por cada uma delas), a extração de conhecimento, a convenção de nomes e a linguagem de representação do conhecimento. A obtenção desta quantidade e de outras características funcionais foi permitida pela inspeção e análise do código da ontologia, bem como das fontes documentais subjacentes.

A fase de integração no ciclo de vida da ontologia considera a reutilização de conceitos existentes em outras ontologias (FERNÁNDEZ, GÓMEZ-PÉREZ e CORCHO, 2004). Segundo Fernandez, Gomez-Perez e Juristo (1997), uma alternativa para facilitar a construção de ontologias é buscar integrar a ontologia em questão a ontologias existentes. A proposta é examinar conceituações de metaontologias e de domínios específicos, selecionado aquelas que melhor se ajustarem ao modelo que está sendo construído. No processo de integração, as atividades podem ser realizadas durante a fase de modelagem conceitual e implementação da ontologia, sendo considerada, portanto, um processo integral. Suárez-Figueroa, Gómez-Pérez e Fernández-López (2012) recomendam o quanto possível o reúso de recursos de conhecimento disponíveis para modelar o conhecimento necessário de um domínio, e, para tal, propõem a busca, a seleção e a análise de recursos ontológicos para promover integração. Os autores orientam inspecionar o conteúdo e a granularidade das ontologias, de modo a verificar o grau de cobertura dos requisitos especificados na etapa de aquisição de conhecimento. Alguns aspectos funcionais como nomes advindos de padrões (padrões de metadados, por exemplo), taxonomias bem estruturadas e modularizações de interesse (GÓMEZ-PÉREZ, 1999; GÓMEZ-PÉREZ e ROJAS-AMAYA, 1999; ARNDT et al., 2007; TRONCY et al., 2007; SAATHOFF e SCHERP, 2010) podem facilitar a extração do conhecimento requerido para reúso. Outro fator importante para a viabilização do processo de alinhamento e combinação de recursos é a linguagem de implementação da ontologia candidata a reúso que necessita se comprometer ontologicamente (GRUBER, 1993a; GUARINO, 1998) com o modelo que está sendo construído para ser suficientemente expressiva na caracterização da conceituação de seu domínio. De modo a facilitar a exposição comparativa dos resultados concernentes à dimensão *esforço para integração*, a seção foi organizada da seguinte forma: o tópico 6.3.1 descreve a forma como cada ontologia multimídia cobriu os requisitos funcionais envolvendo as categorias de metadados independentes de conteúdo, dependentes de conteúdo e descritivos de conteúdo; e a seção 6.3.2 se incube de traçar as comparações sobre os

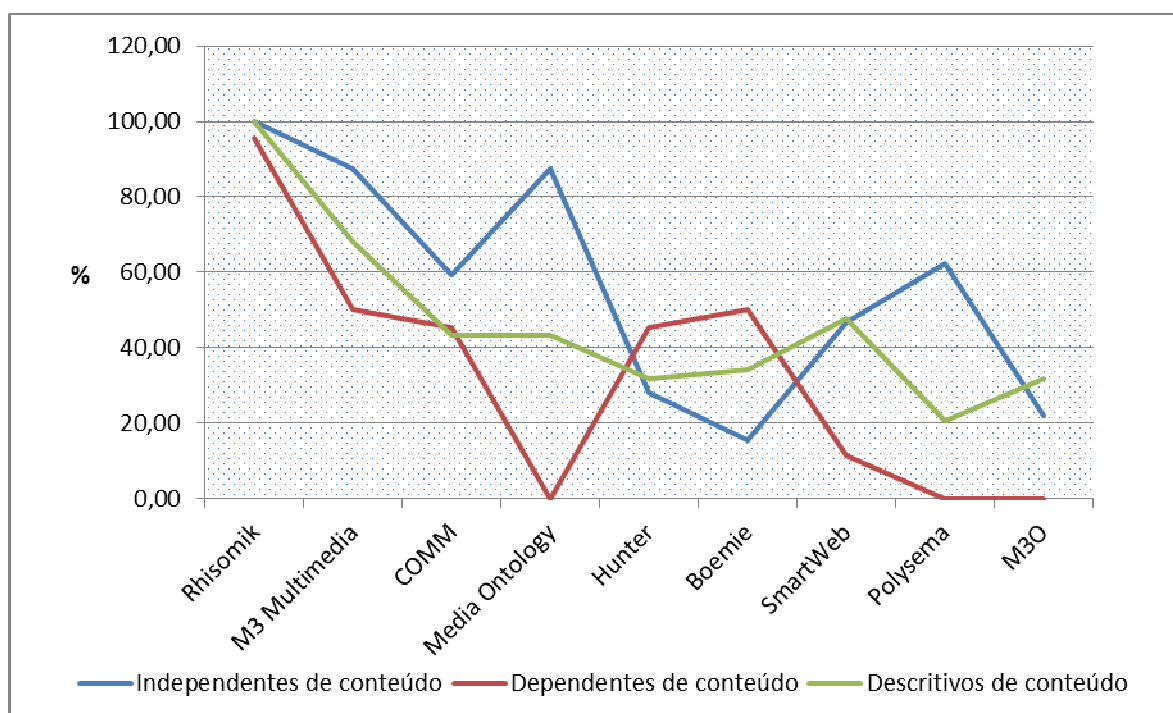
requisitos funcionais relacionados a adequação para se extrair conhecimento da estrutura ontológica, adequação a convenção de nomes e a linguagem de representação de conhecimento.

6.3.1 Requisitos funcionais cobertos para metadados multimídia

A criação e uso de metadados torna-se essencial para a padronização e descrição de recursos informacionais, facilitando a recuperação, o uso ou o gerenciamento de fontes de informação digital (TAYLOR, 2004; ABBAS, 2010). Na inclusão de metadados em documentos multimídia na Web, ontologias e formatos de metadados padrão W3C podem ser endereçados, por exemplo, a organização e ao controle da terminologia usada em metadados; e para auxílio de usuários na produção de anotações mais sistemáticas e consistentes por meio de conhecimento explícito acerca de um domínio (OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004). Por esta razão, o critério de maior peso dentre o conjunto determinado na pesquisa foi o de cobertura de requisitos funcionais, os quais foram fundamentados em dois padrões de metadados oriundos do esforço conjunto entre o W3C, a ISO e a Interface de Descrição de Conteúdo Multimídia.

As ontologias multimídia foram então analisadas e avaliadas conforme a caracterização e a organização desses requisitos em categorias de metadados multimídia, a saber: metadados independentes de conteúdo, metadados dependentes de conteúdo e metadados descritivos de conteúdo. O Gráfico 4 exibe para cada ontologia multimídia, o índice de cobertura (conferir Quadro 20) para as categorias de metadados em relação ao total de requisitos em cada uma delas, conforme é indicado adiante.

Gráfico 4 - Cobertura de metadados para as ontologias multimídia



Fonte: elaborado pela autora.

A categoria *metadados independentes de conteúdo* (32 requisitos) é endereçada ao gerenciamento e a administração de recursos informacionais e foi organizada em quatro tipos de descrição, a saber: i) *criação e produção da mídia*; ii) *classificação da mídia*; iii) *informação da mídia*; e iv) *uso da mídia*. A categoria *metadados dependentes de conteúdo* (44 requisitos) foi organizada nas subcategorias *metadados visuais* e *metadados para áudio*, ambas consideradas de baixo nível e geralmente seus conteúdos são extraídos automaticamente por algoritmos computacionais. E a categoria *metadados descritivos de conteúdo* (44 requisitos) se caracteriza por associar entidades da mídia com entidades do mundo real e foi organizada nas seguintes subcategorias: i) *segmentos de mídia*; ii) *semântica de conteúdo*; iii) *personalização de conteúdo*; e iv) *características de alto nível envolvendo áudio*.

A categoria *metadados independentes de conteúdo* manteve um índice de cobertura superior às duas outras categorias, apresentando uma queda para as ontologias MPEG-7 Hunter (28.1%), Boemie (15.6%) e M3O (21.9%). A categoria foi explorada por todas as ontologias analisadas. As ontologias que mais se destacaram foram a Rhizomiki (100%), a Media Ontology e a M3 Multimedia, ambas como 87.5% de cobertura. A coincidência de índice de cobertura para as duas ontologias se deu em função da M3 reusar os descritores oriundos da Media Ontology para esta natureza. E a COMM (59.4%), a SmartWeb (46.9%) e a Polysema (62.5%) mantiveram um índice equilibrado para esta categoria de metadados. Salienta-se que as subcategorias *classificação* e *uso da mídia* são as tiveram menor participação em relação à cobertura funcional no contexto das ontologias analisadas, sugerindo uma demanda exploratória para as propostas de ontologias multimídia. No que diz respeito aos aspectos de modelagem da conceituação para os metadados independentes de conteúdo, observou-se que a Media Ontology representa os elementos ontológicos desta natureza por meio de propriedades com restrições de domínio e de escopo variando de relações a atributos. A COMM modela os metadados a partir de classes de alto nível advindas de padrões de projeto multimídia estendidos dos padrões *Description and Situations* e *Ontology for Information Object* da DOLCE. A MCO Boemie representa os poucos metadados desta natureza em classes e propriedades de dados com restrição apenas de escopo. A M3 Multimedia modela os metadados independentes de conteúdo a partir dos elementos ontológicos da Media Ontology, portanto a caracterização de modelagem torna-se praticamente a mesma com algumas poucas modificações. A M3O emprega como a COMM padrões de projeto multimídia estendidos da ontologia de fundamentação DOLCE+DnS Ultralight (DUL) com seus três padrões de projeto denominados *Description and Situation*, *Information and Realization* e *Data Value*. Um destaque e diferencial da M3O em relação às outras ontologias é a separação de objetos de informação (ex. uma fotografia) e realizações de informação (ex. em formato jpeg) de modo a fornecer uma distinção clara entre a semântica e o recurso de mídia. Assim, a ligação entre um objeto de

informação e uma realização de informação é dada pela relação *'is realized by'*. Características de informação da mídia, por exemplo, são cobertas na M3O pela classe *DUL:InformationEntity*. **Information realization.** A MPEG-7 Hunter modela os metadados para esta categoria por meio de propriedades de objetos com vínculos de domínios e de escopos para estas. A modelagem na ontologia MPEG-7 Rhizomiki é realizada por classes e propriedades de objetos e de dados, porém para estas não foram elaboradas restrições de domínio e de escopo. A SmartWeb MPEG-7 usa as ontologias de fundamentação DOLCE e SUMO para modelar indiretamente alguns metadados para criação e produção de mídia. Ademais, a suas representações são feitas por meio de classes e propriedades de objetos e de dados somente com restrições de escopo. Finalmente, a Polysema MPEG-7 modela esta categoria por meio de classes e propriedades de objetos e de dados com restrições de domínio e de escopo.

A categoria *metadados dependentes de conteúdo* ficou com um índice de cobertura inferior às outras duas em grande parte das ontologias analisadas (com exceção em Hunter e Boemie), conforme demonstra o Gráfico 4. Metadados visuais e de áudio não são representados pelas ontologias Media Ontology, Polysema e M3O. Para esta última, por ser um modelo extensível, os metadados desta natureza podem ser representados em seu *framework* genérico a partir dos padrões *AnnotationPattern* e *Data Value* (representando características de baixo nível). As outras duas não mencionam tal intenção em seus escopos. A SmartWeb cobriu uma pequena parte de metadados visuais com um índice de 11.4% representado por classes e propriedades de objetos com restrições apenas de escopo. As ontologias COMM (45.5%), MDO Boemie (50%), M3 Multimedia (50%) e MPEG-7 Hunter (45.5%) apresentaram índices bem próximos de cobertura visual para esta categoria. A COMM modela os metadados de natureza primitiva exclusivamente em classes de alto nível especializadas dos padrões de projeto multimídia. A MDO modela os metadados quase que exclusivamente por classes; outros casos por meio de propriedades de objetos com a especificação das classes de domínio. A M3 Multimedia modela os metadados dependentes de conteúdo de forma idêntica à ontologia MDO pelo fato de se ter praticado reúso dos elementos ontológicos visuais desta. A MPEG-7 Hunter representa os metadados desta categoria exclusivamente por meio de classes. A única ontologia que se sobressaiu na cobertura de metadados visuais e de áudio foi a MPEG-7 Rhizomiki com um índice de 95.5% representado exclusivamente por classes. Há de se notar que metadados para áudio não são explorados pela grande maioria das ontologias analisadas. O que se percebe, em alguns casos, é a existência de taxonomias sem axiomatização e, geralmente, sem anotações, para comportar futuras implementações de descritores MPEG-7 para áudio, como ocorreu na MDO Boemie e na SmartWeb MPEG-7. Desse modo, percebe-se uma lacuna na representação descritiva de metadados primitivos para áudio no domínio das ontologias multimídia.

A categoria *metadados descritivos de conteúdo* se especializa em segmentos de mídia, semântica de conteúdo, personalização de conteúdo e características de alto nível envolvendo áudio. A categoria manteve um índice de cobertura intermediário para a maioria das ontologias em relação às outras duas categorias, conforme indicação no Gráfico 4. A cobertura se deu total ou parcialmente para todas as ontologias analisadas da seguinte forma: 100% pela ontologia MPEG-7 Rhizomik; 68.2% pela M3 Multimedia; 47.7% para SmartWeb MPEG-7; 43.2% para ambas as ontologias COMM e Media Ontology; 34.1% para MCO Boemie; 31.8% para ambas as ontologias MPEG-7 Hunter e M3O; e 20.5% para Polysema MPEG-7.

Os metadados foram bem explorados na representação de descrições para segmentos de mídia e decomposição de segmentos espacial, temporal e espaço temporal para recursos de áudio, vídeo, audiovisual, imagem estática 2D e 3D, região em movimento e multimídia. Para estas representações, elementos ontológicos associados à localização de um segmento dentro de seus recursos de mídia foram geralmente representados por localizadores com características espacial, temporal, espaço temporal e de mídia. No que diz respeito à estratégia de modelagem para decomposição de segmentos de mídia, torna-se relevante salientar alguns aspectos descritos a seguir.

As ontologias que têm o MPEG-7 como referência em seus esquemas de modelagem (ex. Hunter, Rhizomik, SmartWeb e Polysema) promovem a propagação de ambiguidades semânticas presentes no padrão de metadados multimídia, especialmente no caso de decomposição de conteúdo recursivo cujas instâncias resultantes podem ser classificadas em diferentes classes de tipos de segmentos. A modelagem de decomposição para estas ontologias são realizadas por meio ou de propriedades de objetos ou de classes. Por exemplo, na ontologia MPEG7 Hunter as decomposições espaciais e temporais são modeladas a partir de propriedades de objetos e são restringidas por recursos de *domain* e *range* envolvendo classes genéricas para conteúdo multimídia e segmento, respectivamente. Um impasse nesse tipo de modelagem poderia ser verificado numa possível consulta a instâncias *mpeg7:StillRegion* (imagens) o que não asseguraria que todos os quadros de vídeos fossem recuperados pelas condições de busca explicitadas, visto que algumas instâncias poderiam ter sido classificadas como *mpeg7:VideoSegment*. Tal fato expõe o problema de se deixar livre a axiomatização dos elementos ontológicos envolvidos após a utilização de um recurso não ontológico na construção da ontologia. Por outro lado, essa flexibilidade permite interpretações menos formais, as quais são seguidas pelos esquemas MPEG-7 e devem ser tratadas com responsabilidade pelas aplicações que fazem uso. Tratamento semântico diferenciado para este tipo de situação pode ser destacado para a Media Ontology, a M3 Multimedia e a MCO Boemie que empregam declarações como *owl:disjointWith* para restringir a participação de suas instâncias em classes indevidas. Dentre as três, a MCO Boemie se destaca por sua rica axiomatização envolvendo

o uso de restrições existencial e universal em suas classes. O uso bem empregado de axiomas pode promover a modelagem das semânticas intencionadas frente a questões de competência da ontologia, como no exemplo de uma consulta envolvendo a projeção de vídeos que retratam uma pessoa em particular. Neste caso, poder-se-ia recuperar todos os itens esperados concernentes aos tipos de segmentos que formam decomposições válidas (axiomatizadas) para conteúdos envolvendo vídeo (ex. região em movimento, quadro de um vídeo).

As ontologias COMM e M3O possuem uma estratégia diferenciada na modelagem para decomposição de segmentos de mídia em relação às modelagens envolvendo as sete ontologias anteriormente comentadas. Empregam esforços em suas modelagens quando utilizam padrões de projeto multimídia estendidos dos padrões de projeto de conteúdo de ontologias advindos da DOLCE (no caso da COMM) e da DUL (no caso da M3O). No caso da COMM, o padrão de decomposição (módulo *core.owl*) modela a decomposição de algum dado multimídia que é considerado um objeto de informação. Os papéis de segmentação são especializados do padrão *Description and Situation* em que uma situação satisfaz um algoritmo de decomposição (ou segmentação) particular que define entidades multimídia de entrada e de saída bem como parâmetros (relacionados ao algoritmo de segmentação) e localizações para o segmento de saída. Já no caso da M3O, o padrão de decomposição (módulo *decomposition.owl*), também especializado do padrão *Description and Situation*, modela a decomposição de entidades de informação que são consideradas objetos de informação e realizações, sendo possível, portanto, decompor um objeto de informação e uma realização de informação. Assim, a COMM e a M3O permanecem num alto nível de abstração para descrições de decomposição definidas por padrões multimídia fundamentais. Por conseguinte, restrições envolvendo segmentos de mídia devem ser modeladas em aplicações específicas que fazem reuso dessas ontologias. Um exemplo seria uma restrição para assegurar quais os tipos de segmentos seriam permitidos como resultados de um processo de decomposição, aspecto esse não contemplado nas duas ontologias.

A representação de descrições para semântica de conteúdo abrange entidades de alto nível como eventos, objetos, agentes, lugares e tempo em mundos narrativos, os quais compreendem o contexto para uma descrição semântica. A análise para esse quesito foi direcionada no âmbito de uma ontologia multimídia que possuísse em sua própria estrutura, uma estratégia de modelagem endereçada à representação descritiva de conteúdo semântico multimídia. As ontologias que se enquadraram nessa perspectiva foram a COMM, a M3 Multimedia, a M3O, a MPEG-7 Rhisomik e a SmartWeb MPEG-7. Uma observação relevante a se fazer é a utilização de ontologias de fundamentação nas estruturas dessas ontologias, com exceção da Rhizomik que usa o mesmo raciocínio de modelagem do esquema semântico MPEG-7 (*Semantic DS*) que nada tem em comum com a proposta de uma ontologia de fundamentação. Na ontologia COMM, as entidades semânticas

são organizadas em classes e propriedades de alto nível da DOLCE, tais como *endurant*, *perdurant*, *endurant.agent* e *participant*. Nas ontologias M3 e M3O, as entidades semânticas são organizadas em classes e propriedades de alto nível advindas da DUL, tais como *Event*, *Object*, *SpaceRegion*, *TimeInterval*, *hasPart*, *overlaps* e *hasParticipant*. E na SmartWeb, as características semânticas são cobertas pelo modelo ontológico de alto nível constituído pelas ontologias de fundamentação DOLCE e SUMO, tais como *entity*, *component* e *conceptual-relation*.

As ontologias multimídia possuem diferentes estratégias de modelagem para estabelecer a ligação entre descrições multimídia e instâncias de ontologias de domínios específicos baseadas na Web. Isto ocorre pelo fato de um *framework* de anotação multimídia baseado em ontologia precisar lidar com ontologias de domínios específicos para a representação de entidades de mundo real que podem estar retratadas em arquivos multimídia. A COMM por meio do seu padrão de anotação usa a classe *semantic-label-role* para declarar que certa instância de uma ontologia de domínio funciona como um rótulo semântico para um dado multimídia. A obtenção da instância e a forma de ligação com a COMM são previstas por métodos manuais ou automáticos envolvendo a aplicação de um algoritmo de análise semântica correspondente. A mesma prática pode ocorrer para uma situação de segmentação multimídia. A M3 Multimedia oferece recursos de integração com uma ontologia de domínio por meio da declaração “MediaResource *hasDomain* Domain” refletida pelas restrições de *domain* e *range*. A classe *Domain* faz parte da estrutura da *M3 Ontology Network* fundamentada na ontologia de alto nível DUL, que, por sua vez, cumpre o papel de organizar semanticamente as entidades de uma ontologia de domínio específico. A M3O utiliza a propriedade de objetos *classifies* pertencente ao padrão multimídia de anotação para classificar um *AnnotationConcept* (com papel de metadado) o qual pode representar certa instância de uma ontologia de domínio. Um *AnnotatedConcept*, por sua vez, classifica uma *InformationEntity* que pode ser anotada pela instância da ontologia de domínio, visto que todas as entidades têm como *setting* a *AnnotationSituation*, que *satisfies* o *AnnotationPattern*. A SmartWeb MPEG-7 modela a ligação entre instâncias multimídia e conteúdos semânticos de ontologias de domínios pela propriedade de objetos *smartmedia:aboutDomainInstance* (*range* *smartdolce:entity*), a qual estabelece o vínculo com entidades oriundas de uma ontologia de domínio que, por sua vez, são especializadas nas classes da ontologia de fundamentação *smartdolce*. A ontologia MPEG-7 Rhizomik possui uma abordagem diferente dos métodos anteriormente apresentados que se orientaram por um modelo fundamental como estratégia de alinhamento. O alinhamento da Rhizomiki com uma ontologia de domínio específico deve ser realizado por meio das entidades abstratas (ex. evento, objeto, tempo, lugar, relação por grafo) do esquema semântico MPEG-7. Entretanto, como é uma ontologia subjacente a um método de tradução automática, acredita-se que previamente ao procedimento de tradução, deva ocorrer uma modificação e adequação na ontologia

de domínio frente às especificidades compreendidas no padrão MPEG-7. E a ontologia MCO do projeto Boemie utiliza a propriedade de objeto denominada *depicts* (sem restrições de *domain* e *range* na versão analisada) para estabelecer a ligação entre as ontologias de domínio concebidas para o projeto e as ontologias multimídia correspondentes.

O Quadro 16 e o Quadro 17 resumem as estratégias de modelagem para os aspectos de decomposição de segmentos de mídia, de anotação para semântica de conteúdo e de ligação entre descrições multimídia e ontologias de domínios específicos. As ontologias que foram preenchidas com valor ‘Ausente’ não contemplam tais aspectos em suas conceituações.

Quadro 16 - Estratégias de modelagem para metadados descritivos de conteúdo

Ontologias multimídia	Decomposição de segmentos	Anotação para semântica de conteúdo	Ligação entre descrições multimídia e ontologias de domínios
Media Ontology	Decomposição espacial, temporal e espaço temporal representada por classe e propriedade restringida por <i>range</i> . Restrições nas instâncias de tipos de segmentos resultantes modeladas por owl:disjointWith.	Ausente	Ausente
COMM	Decomposição espacial, temporal e espaço temporal representada por padrões de projeto multimídia estendidos da DOLCE. Restrições nas instâncias de tipos de segmentos resultantes devem ser modeladas a depender da aplicação.	Entidades semânticas organizadas em classes e propriedades da DOLCE.	Classe <i>semantic-label-role</i> pertencente aos padrões de projeto multimídia. Aplicação de algoritmo de análise semântica ou de segmentação para a obtenção da instância da ontologia de domínio e da forma de ligação com a COMM.
MCO Boemie	Decomposição espacial, temporal e espaço temporal representada por propriedades restringidas por <i>domain</i> e <i>range</i> . Restrições nas instâncias de tipos de segmentos resultantes modeladas por meio de quantificador universal e existencial.	Tratado na ontologia de domínio do projeto e não na estrutura da ontologia multimídia (Ausente)	Propriedade <i>depicts</i> para estabelecer a ligação entre a MCO e as ontologias de domínio do projeto.
M3 Multimedia	Decomposição espacial, temporal e espaço temporal representada por classe e propriedade restringida por <i>range</i> . Restrições nas instâncias de tipos de segmentos resultantes modeladas por owl:disjointWith.	Entidades semânticas organizadas em classes e propriedades da DUL.	Propriedade <i>hasDomain</i> da <i>MediaResource</i> que reflete (<i>range</i>) instâncias de ontologias de domínio importadas na M3.
M3O	Decomposição espacial, temporal e espaço temporal representada por padrões de projeto multimídia estendidos da DUL. Restrições nas instâncias de tipos de segmentos resultantes devem ser modeladas a depender da aplicação.	Entidades semânticas organizadas em classes e propriedades da DUL.	Propriedade <i>classifies</i> do padrão de anotação que classifica um metadado ligado a uma instância de ontologia de domínio. Tal instância, por sua vez, anota uma <i>InformationEntity</i> .
MPEG-7 Hunter	Decomposição espacial, temporal e espaço temporal representada por propriedades restringidas por <i>domain</i> e <i>range</i> . Ambiguidades nas instâncias de tipos de segmentos resultantes por flexibilidade nas restrições.	Ausente	Ausente

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 17 - Estratégias de modelagem para metadados descritivos de conteúdo

Ontologias multimídia	Decomposição de segmentos	Anotação para semântica de conteúdo	Ligação entre descrições multimídia e ontologias de domínios
MPEG-7 Rhizomik	Decomposição espacial, temporal e espaço temporal representada por classes sem axiomas. Ambiguidades nas instâncias de tipos de segmentos resultantes por flexibilidade nas restrições.	Esquema semântico do MPEG-7 (Semantic DS).	Modificação e adequação da ontologia de domínio a fim de se alinhar às especificidades do padrão MPEG-7.
SmartWeb MPEG-7	Decomposição espacial, temporal e espaço temporal representada por classes e propriedades restringidas por <i>range</i> . Ambiguidades nas instâncias de tipos de segmentos resultantes por flexibilidade nas restrições.	Entidades semânticas organizadas pelo modelo ontológico de alto nível fundamentado na DOLCE e SUMO.	Propriedade <i>smartmedia:aboutDomainInstance</i> que reflete instâncias da classe <i>smartdolce:entity</i> que, por sua vez, organiza as entidades de ontologias de domínio.
Polysema MDS	Decomposição temporal representada por classe sem axioma. Ambiguidades nas instâncias de tipos de segmentos resultantes por flexibilidade nas restrições.	Ausente	Ausente

Fonte: elaborado pela autora.

A representação de descrições para personalização de conteúdo foi pouco explorada nas ontologias multimídia analisadas, evidenciando, assim, a necessidade de se tratar essa parte do padrão MPEG-7 com o intuito de enriquecer o contexto do usuário no acesso e no consumo de conteúdo multimídia mais eficiente e efetivo. Neste quesito, a M3 Multimedia é uma das poucas que cobre aspectos de personalização para navegação e acesso. Características para organização de conteúdo multimídia são cobertas pela M3 Multimedia, Media Ontology e M3O por meio de classes ou módulos específicos que tratam coleções de conteúdo. A ontologia MPEG-7 Rhizomik por disponibilizar uma estrutura com todas as descrições MPEG-7 traduzidas para OWL, cobre toda a proposta de personalização de conteúdo.

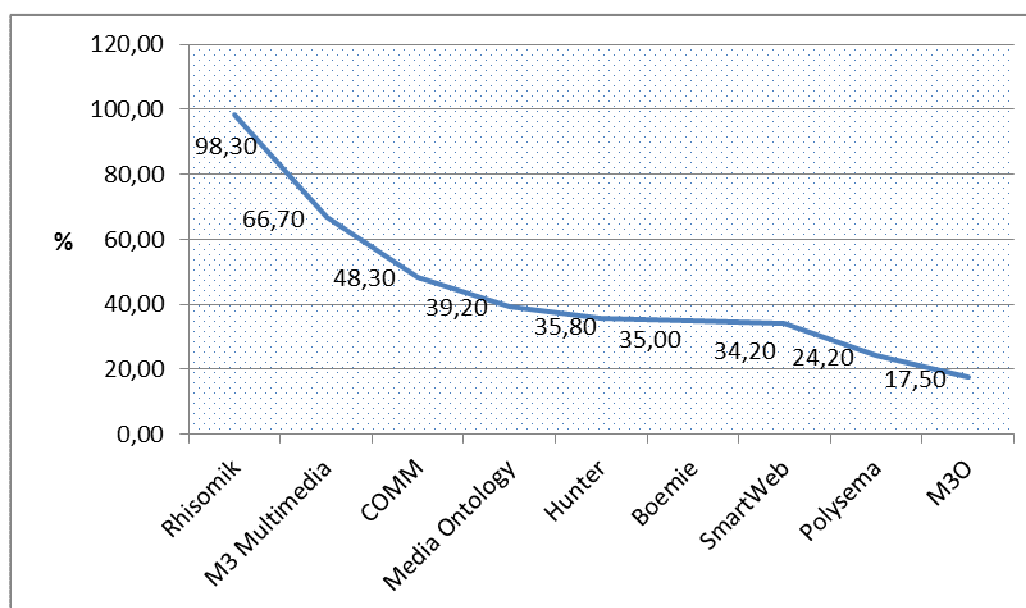
A representação de características de alto nível envolvendo áudio foi coberta apenas pela ontologia MPEG-7 Rhizomik pelos motivos já expostos. A MDO Boemie e a SmartWeb MPEG-7 apesar de modelarem taxonomias para comportar descritores endereçados a características de alto nível envolvendo áudio, não possuem elementos ontológicos que representem os descritores específicos para esta categoria de metadados. Nesse sentido, mais uma lacuna se evidencia no domínio das ontologias multimídia no tratamento de descrições de alto nível (ex. indexação e reconhecimento de som, timbre instrumental, conteúdo falado, marcação de áudio e melodia) endereçadas à cobertura de domínios de conhecimentos específicos.

Finalmente, em termos de cobertura geral, isto é, consolidando as três categorias de metadados anteriormente comparadas, tem-se a MPEG-7 Rhisomiki se destacando em primeiro lugar (98,3%) no *ranking* de cobertura, tendo em vista que a sua proposta é disponibilizar

metadados MPEG-7 na Web preservando a flexibilidade das especificações deste padrão. Realça-se que a M3O ficou em último lugar (17,5%) no *ranking* pelo fato de seu propósito não ser focado nas descrições MPEG-7, como a maioria das ontologias analisadas, e sim numa proposta genérica de modelagem multimídia capaz de abarcar elementos de metadados e modelos ontológicos advindos de padrões semânticos W3C. As demais colocações se explicam a partir das elucidações anteriormente expostas.

O Gráfico 5 apresenta os índices de cobertura (conferir Quadro 20) correspondentes a cada ontologia multimídia.

Gráfico 5 - Índice de cobertura de requisitos funcionais das ontologias multimídia



Fonte: elaborado pela autora.

6.3.2 Adequação a extração de conhecimento, a convenção de nomes e a linguagem de implementação

O critério adequação a extração de conhecimento foi avaliado observando-se a estrutura taxonômica de conceitos e a arquitetura modular da ontologia. No primeiro caso, ponderou-se a organização das descrições multimídia na taxonomia, especialmente se houvesse uma compatibilização terminológica com o padrão MPEG-7, o que promoveria uma familiaridade na análise de compatibilização. No segundo caso, examinou-se a existência de uma separação de interesses assegurada pelo uso de padrões multimídia como, por exemplo, padrão de decomposição e padrão de anotação.

A Media Ontology possui uma estrutura taxonômica com subclasses específicas para características de mídia, incluindo tipo de conteúdo de mídia e fragmentos de mídia, ambos especializados da classe principal *MediaResource*. Apesar da simplicidade em sua estrutura, a terminologia da ontologia não se assemelha com as descrições do padrão MPEG-7 (o que dificultou

um pouco a familiaridade), mesmo possuindo uma clareza na nomenclatura conceitual advinda de formatos de metadados do W3C. Desse modo, pelos motivos expostos a Media Ontology foi avaliada com valor médio para este critério.

A COMM possui uma estrutura taxonômica de alto nível com conceitos abstratos da DOLCE e padrões multimídia estendidos e orientados pelas partes do padrão MPEG-7. Estes padrões multimídia, por sua vez, formam o centro da arquitetura modular da ontologia que inclui descritores relacionados a um tipo de mídia específico, descritores genéricos para uma mídia particular e tipos de dados abstratos para suas realizações técnicas. Apesar de os módulos de interesse se encontrarem particionados em arquivos owl, a taxonomia da ontologia se mantém complexa e custosa de ser analisada pela extensão terminológica de sua ontologia de fundamentação. Dadas as constatações, a ontologia COMM foi avaliada também com valor médio para adequação a extração de conhecimento.

A arquitetura modular do projeto Boemie consiste de duas ontologias multimídia que se interligam e ainda podem estabelecer conexão com ontologias de domínio. A MCO representa características estruturais (ex. decomposição semântica) pertencentes a diferentes tipos de conteúdo multimídia; e a MDO representa conteúdo multimídia de baixo nível como, por exemplo, características de sinais de áudio ou a cor dominante de um quadro de vídeo. As estruturas taxonômicas das duas ontologias são bem organizadas e suas terminologias, principalmente da MDO, são semelhantes (ou mesmo idênticas) às descrições do padrão MPEG-7, o que facilitou o reconhecimento dos conceitos para a tarefa de compatibilização frente aos requisitos da pesquisa. Por tais justificativas, o conjunto de ontologias multimídia do projeto Boemie foi avaliado com valor alto para o critério de adequação a extração de conhecimento.

A arquitetura da *M3 Ontology Network* por ser modularizada em três perspectivas, especialmente a multimídia e a multidomínio, facilitou a extração de conhecimento frente aos requisitos da pesquisa. Aliado a isto, a nomenclatura conceitual provida do padrão MPEG-7 e a taxonomia conceitual multimídia advinda da Media Ontology também contribuíram nesse aspecto, o que resultou na atribuição de valor alto para este critério.

A modularização envolvendo padrões multimídia como decomposição de segmentos e tratamento de anotações tanto de baixo nível quanto de alto nível apoiou o entendimento do modelo conceitual da M3O. O particionamento por módulo de interesse favoreceu a tarefa de compatibilização entre os requisitos da pesquisa e os conceitos de alto nível advindos da DUL. Esta, por sua vez, possui uma taxonomia mais simples e menos detalhada do que a sua fonte de origem, a DOLCE, e padrões de projeto associados. Desse modo, a estrutura da M3O foi considerada adequada à extração de conhecimento e obteve valor alto para este critério.

A estrutura taxonômica da ontologia MPEG-7 Hunter foi organizada por subclasses específicas caracterizando conteúdo multimídia, incluindo tipos de mídia e segmentos multimídia. Apesar de a terminologia provir do padrão de metadados MPEG-7, as propriedades de objetos e de dados não seguem uma denominação semanticamente compreensível. E, ainda, soma-se ao fato de a estrutura como um todo ser desprovida de comentários significativos. Por esta razão, o valor para o critério adequação à extração de conhecimento foi considerado médio para a ontologia MPEG-7 Hunter.

A estrutura taxonômica da MPEG-7 Rhizomik, por ser oriunda de um processo de tradução completa das descrições MPEG-7, possui uma métrica de 2372 classes e 975 propriedades com nomenclaturas análogas ao padrão MPEG-7. Agregado ao fato de a ontologia possuir uma extensa terminologia de conceitos, há vários nomes ilegíveis em sua estrutura (como já exposto e explicado na seção 6.1) o que acarretou dificuldades no momento da análise de compatibilidade entre vocabulários. Em razão do impasse, o valor da adequação à extração de conhecimento também foi considerado médio.

A análise de compatibilização semântica na ontologia SmartWeb MPEG-7 foi viabilizada pela organização de sua estrutura taxonômica em que todos os termos são detentores de prefixos com a origem do recurso de conhecimento utilizado, além da terminologia multimídia ser compatível com o padrão de metadados MPEG-7. Desse modo, o valor para o critério associado foi avaliado como alto.

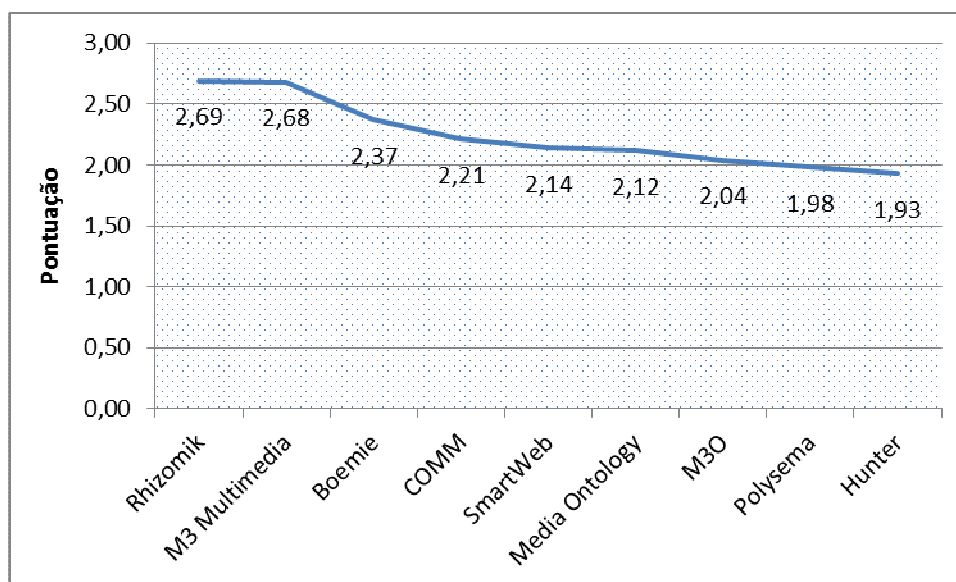
A estrutura taxonômica da ontologia Polysema MPEG-7 MDS foi modelada com algumas classes e propriedades semelhantes ao padrão MPEG-7. Porém, a existência de classes com nomes idênticos e semelhantes (ex. Mpeg7, Mpeg7Base, D, DS) pode levar a interpretações errôneas no momento da análise de compatibilidade. Somado a isto, o fato de a ontologia não possuir comentários significativos em sua estrutura levou-a a uma valorização média para o critério adequação a extração de conhecimento.

O critério adequação a convenção de nomes foi avaliado observando-se a existência de regras associadas à determinação da nomenclatura dos conceitos da ontologia. Para tal, foi observado especialmente a proveniência dos nomes na estrutura ontológica, tais como MPEG-7 e outros padrões de metadados W3C. As duas ontologias multimídia que não corresponderam a esta perspectiva foram a M3O e a MPEG-7 Hunter e, portanto, receberam valor médio em suas avaliações. A M3O não usa regras de nomes por não ser subjacente a nenhum padrão de metadado; já a MPEG-7 Hunter não segue regras de padronização de nomes, mesmo se orientando, em algumas situações, as descrições do padrão MPEG-7. Um exemplo envolve as iniciais dos nomes de seus elementos ontológicos que em algumas situações encontram-se em maiúsculo e em outras em minúsculo.

Finalmente, o critério adequação a linguagem de implementação foi avaliado pela expressividade da linguagem em relação às intenções de modelagem multimídia para a Web. Como a pesquisa projeta em trabalhos futuros a implementação de uma ontologia multimídia no paradigma de mundo aberto e em estudo de caso específico, a linguagem de representação OWL foi determinada por sua semântica formal mapeada em lógica descritiva e com suporte a inferências lógicas, dando, portanto, condições de tratamento a questões voltadas à interoperabilidade sintática e semântica para recursos multimídia. Nesse sentido, a linguagem envolvendo a ontologia multimídia candidata a reuso seria melhor avaliada quando pertencesse à família OWL (ex. DL e Full). A única ontologia que recebeu valor médio para este critério foi a SmartWeb MPEG-7 por ser representada pela linguagem RDFS em sua versão analisada.

O Gráfico 6 apresenta a pontuação resultante (conferir Quadro 21) para a dimensão *esforço para integração* a cada ontologia multimídia envolvida na análise.

Gráfico 6 - Pontuação das ontologias multimídia na dimensão esforço para integração



Fonte: elaborado pela autora.

As evidências para os resultados alcançados foram descritos no decorrer desta seção quando se apresentou o modo como os critérios pertencentes a esta dimensão foram avaliados em cada ontologia multimídia analisada. Percebe-se no Gráfico 6 que as ontologias mantiveram uma pontuação equilibrada para esforço de integração, visto que as regras de mensuração para os critérios correspondentes se ajustaram no uso do padrão MPEG-7 e, grande parte das ontologias analisadas tem este padrão como referência em suas conceituações. Aliado a isto, as avaliações das ontologias multimídia para esta dimensão variaram entre médio e alto.

6.4 CONFIABILIDADE

A dimensão *Confiabilidade* em relação às ontologias multimídia candidatas a reuso foi avaliada pelo grau de confiança em relação à disponibilidade e avaliação de testes, a reputação do time de desenvolvimento, a confiabilidade no propósito, a suporte técnico, a recursos de conhecimento utilizados e a axiomas identificados na terminologia compatibilizada.

As ontologias multimídia que agregaram um esquema de testes e avaliações correspondentes em seus ciclos de vida foram a Media Ontology e a M3O. Para os demais casos, não se encontraram evidências nas fontes documentais associadas a seus projetos. Segundo Gómez-Pérez (1994), a fase de avaliação no ciclo de vida da ontologia consiste em executar um julgamento técnico da ontologia, verificando se o conhecimento apreendido na estrutura corresponde ao domínio no qual foi feita a aquisição de conhecimento. As unidades de testes colocadas à disposição no projeto da Media Ontology foram consideradas maduras e contemplam todos os formatos de metadados multimídia e de *containers* listados nas tabelas de mapeamento, juntamente com as suas avaliações explicitadas. Situação semelhante ocorreu para a ontologia M3O em que seus autores disponibilizaram no sítio do projeto informações sobre o método aplicado em testes de integração envolvendo a M3O e vocabulários multimídia, porém com comentários breves sobre os resultados concernentes ao procedimento de avaliação desses testes. Diante disso, para os dois critérios relacionados a testes a Media Ontology obteve uma avaliação mais favorável do que a M3O.

O critério reputação do time de desenvolvimento foi avaliado verificando-se uma possível menção de autores da ontologia (ou mesmo da própria ontologia) nos sítios do W3C, tais como *Multimedia Vocabularies on the Semantic Web* e/ou *Media Annotation Group*, além de informações associadas a publicações científicas e a interesses de pesquisa. Constatou-se que a maioria dos pesquisadores membros de projetos relacionados a ontologias multimídia faz parte de grupos que fornecem suporte ao W3C. São os casos de Vassilis Tzouvaras, Tobias Bürger e Raphael Troncy, apenas para citar alguns exemplos. Algumas ontologias são referenciadas no sítio sobre vocabulários multimídia da Web Semântica, tais como a COMM, a MPEG-7 Hunter e a MPEG-7 Rhizomiki. Outras como a M3O, a SmartWeb MPEG-7 e a Polysema MPEG-7 são oriundas de projetos interessados em tecnologias semânticas para multimídia em renomadas universidades e centros de pesquisa europeus, entretanto não foram encontradas informações de possíveis vínculos com o W3C. De acordo com a regra de mensuração para este critério, estas ontologias foram avaliadas com valor médio e as demais, pelas evidências expostas, foram avaliadas com valor alto.

O critério confiabilidade no propósito foi avaliado a partir da verificação da proposta de desenvolvimento da ontologia que poderia se enquadrar numa tradução de um padrão de metadados

multimídia ou para uso em um projeto abrangente para aplicações multimídia. Esta última foi a mais frequente nas análises realizadas, obtendo-se valor alto na avaliação, seguida da proposta de tradução do padrão MPEG-7 para uma linguagem da Web Semântica sendo representada pelas ontologias MPEG-7 Hunter e Rhizomiki, as quais obtiveram valor médio na avaliação do critério em questão. Dentre as propostas abrangentes envolvendo aplicações multimídia podem-se citar algumas: busca semântica de recursos multimídia (M3 Ontology Network), integração de modelos e formatos de metadados padrão W3C (M3O), gerenciamento e processamento semântico de conteúdo multimídia em serviços de TV digital (Polysema) e dispositivos móveis e inteligentes com funcionalidades para respostas a consultas de usuários em temáticas de domínios diversos na Web (SmartWeb). Destaca-se que as nove propostas envolvendo os projetos das ontologias multimídia analisadas foram assistidas por entidades importantes no cenário mundial, tais como W3C, *European Commission*, *German Federal Ministry of Education and Research*, universidades europeias conceituadas e renomados centros de pesquisa.

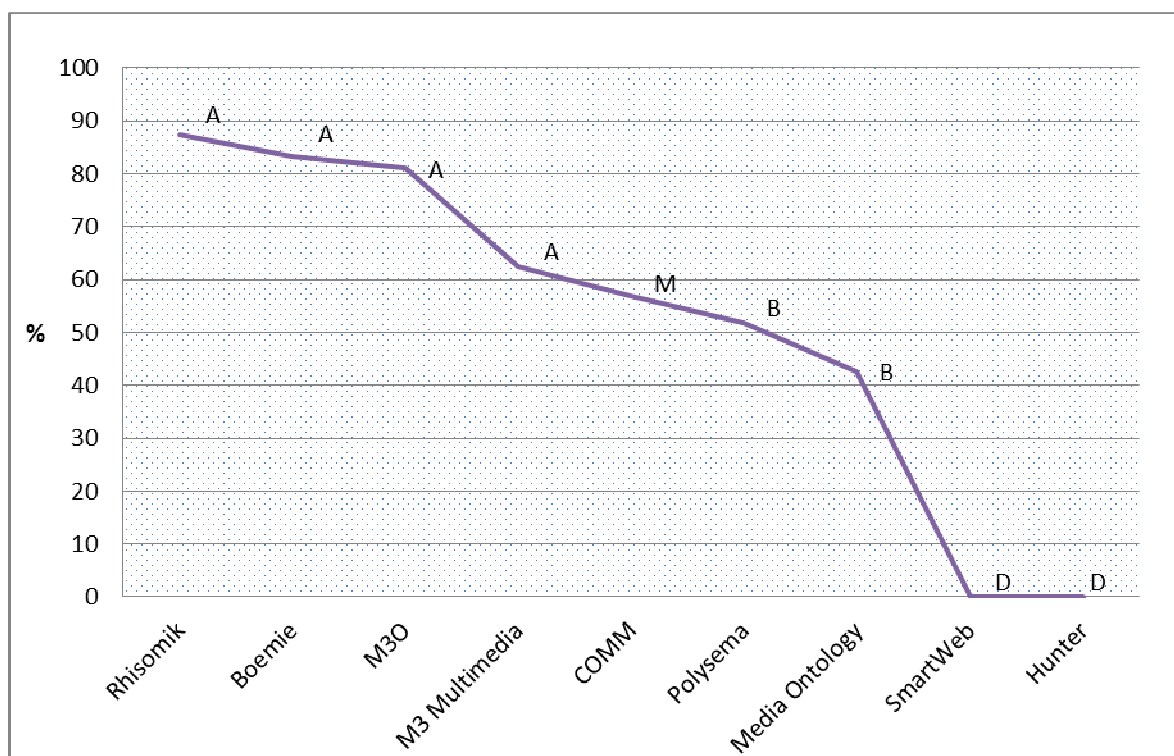
O critério suporte prático foi avaliado através da verificação do reuso da ontologia em projetos conhecidos de modo a ampliar condições de apoio técnico por parte da equipe envolvida. Foi avaliado também, mas com valor inferior, a possibilidade (sem garantia) de suporte pelo próprio grupo do projeto envolvendo a ontologia candidata. As ontologias M3 Multimedia, SmartWeb MPEG-7 e Polysema MPEG-7 não foram bem avaliadas nesse quesito pelo fato da ausência de informações sobre projetos e ontologias que fazem reuso de seus recursos de conhecimento, limitando-se, assim, à própria equipe do projeto como recurso de suporte prático. Por outro lado, as demais ontologias foram avaliadas com valor variando entre médio e alto em função de possibilidades reais de suporte por outros projetos que praticam reuso. A Media Ontology possui vários casos de uso listados no sítio de seu projeto, além de projetos e ontologias conhecidas que praticaram o seu reuso como a M3 Multimedia (Buscamedia) e a M3O (WeKnowIt). A COMM foi praticada pelos projetos X-Media, K-Space, Buscamedia, Organizações Globo e WeKnowIt. A MDO Boemie foi trabalhada no projeto Buscamedia e sua ontologia M3 multimedia. A M3O se envolveu no projeto X-Media, assim como ocorreu com a ontologia COMM. A MPEG-7 Hunter foi reusada em projetos envolvendo células pancreáticas (*Visible Cell project*) e células de combustível (*Fuel Cell project*). E a MPEG-7 Rhizomiki tem sido usada em projetos no domínio da música como a Music Brainz ontology.

O critério recursos de conhecimento utilizados foi avaliado nas ontologias observando-se, especialmente, a utilização do padrão MPEG-7 em suas fundamentações bem como o uso de ontologias de alto nível e padrões de projeto estendidos destas. A Media Ontology utilizou padrões de metadados W3C para mídia, inclusive o MPEG-7, porém não o considerando como referência em sua estrutura de conhecimento. A COMM utilizou o padrão MPEG-7, a DOLCE e os padrões de

projeto D&S e OIO. As ontologias multimídia do projeto Boemie, a MPEG-7 Hunter, a MPEG-7 Rhizomiki e a Polysema MPEG-7 utilizaram o padrão MPEG-7 como fundamentação em suas estruturas de conhecimento. A M3 Multimedia se destacou no reuso de recursos de conhecimento, incluindo as ontologias DUL, LIR, Media Ontology, Boemie VDO, COMM e os vocabulários FOAF e Dublin Core. A M3O usou a DUL e os padrões de projeto DnS, *Information and Realization* e *Data Value*. E a SmartWeb MPEG-7 utilizou o padrão MPEG-7 e as ontologias de fundamentação DOLCE e SUMO na concepção de sua estrutura. De acordo com a regra de mensuração para este critério, somente a Media Ontology foi avaliada com valor médio em razão de se fundamentar em padrões de metadados W3C para mídia, porém carecendo de características consideradas primordiais para uma estrutura de conhecimento multimídia consistente. Tais características se fundamentam na utilização de ontologias de alto nível que ajudam na organização semântica do conhecimento multimídia embutido nas estruturas taxonômicas; no uso de padrões multimídia estendidos que contribuem sobremaneira para a organização genérica e modular de conceitos multimídia na conceituação; e na utilização do MPEG-7 como referência em metadados multimídia, o que contribui na convenção terminológica do vocabulário e na cobertura multimídia demandada pelas aplicações, tais como anotação de conteúdo de alto nível, segmentação multimídia, anotação de conteúdo primitivo, etc.

O critério axiomas identificados na terminologia compatibilizada foi avaliado seguindo a seguinte heurística: se o número de axiomas ficou acima de 60% *e* com declarações lógicas complexas, o valor foi determinado como (A)lto; se o número de axiomas ficou no intervalo entre 40 a 60% *e* com declarações lógicas complexas, o valor foi determinado como (M)édio; e se o número de axiomas ficou abaixo de 40% *ou* ocorreram axiomas com declarações lógicas simples, o valor foi determinado como (B)aixo. Nesse aspecto, o Gráfico 7 apresenta a escala de percentuais (conferir Quadros 20 e 21) representando a presença de axiomas na terminologia compatibilizada e suas respectivas mensurações para cada ontologia multimídia analisada.

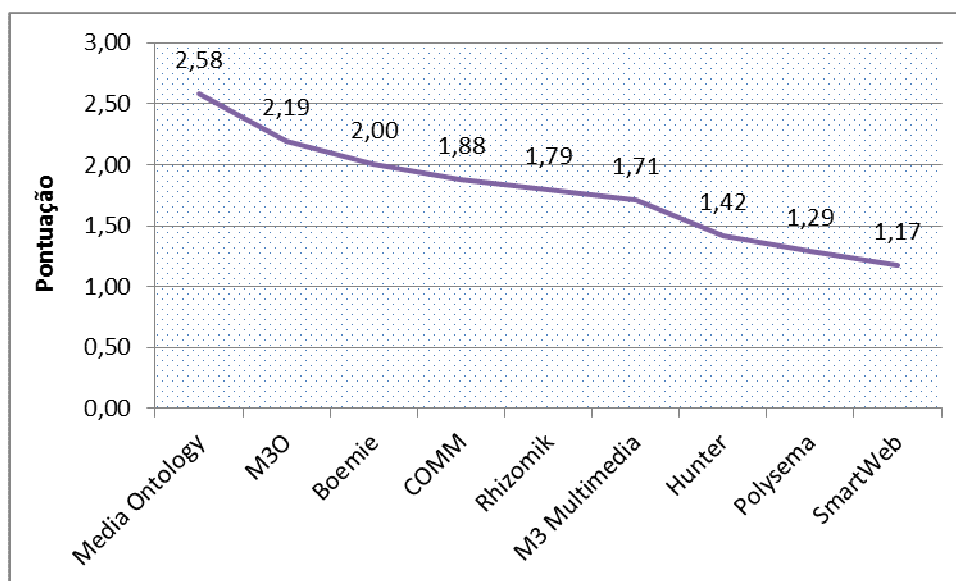
Gráfico 7 - Mensuração para o critério axiomas na terminologia compatibilizada



Fonte: elaborado pela autora.

As ontologias MPEG-7 Rhizomik, as envolvidas no projeto Boemie, a M3O e a M3 Multimedia são consideradas ricas em suas axiomatizações o que muito beneficia a confiança no tratamento semântico pela máquina, principalmente quando se almeja tratar questões de interoperabilidade semântica na Web. As ontologias que exploraram pouco o recurso de construção de expressões OWL para conceber axiomas em seus elementos ontológicos foram a Polysema MPEG-7 e a Media Ontology que se limitaram no uso de cardinalidades e disjunções, respectivamente. Apesar de a versão analisada da COMM não ter sido disponibilizada com axiomas em seus elementos fundamentais (advindos da DOLCE), os seus padrões multimídia possuem ricos axiomas o que a fez ser classificada, por regra, com valor médio. E as ontologias SmartWeb MPEG-7 e MPEG-7 Hunter são desprovidas de axiomas em suas versões analisadas, sendo que a primeira foi disponibilizada na linguagem RDFS a qual não possui primitivas lógicas para construção de axiomas.

Finalmente, o Gráfico 8 apresenta o resultado da pontuação (conferir Quadro 21) obtida por cada ontologia multimídia frente à dimensão *confiabilidade*.

Gráfico 8 - Pontuação das ontologias multimídia na dimensão confiabilidade

Fonte: elaborado pela autora.

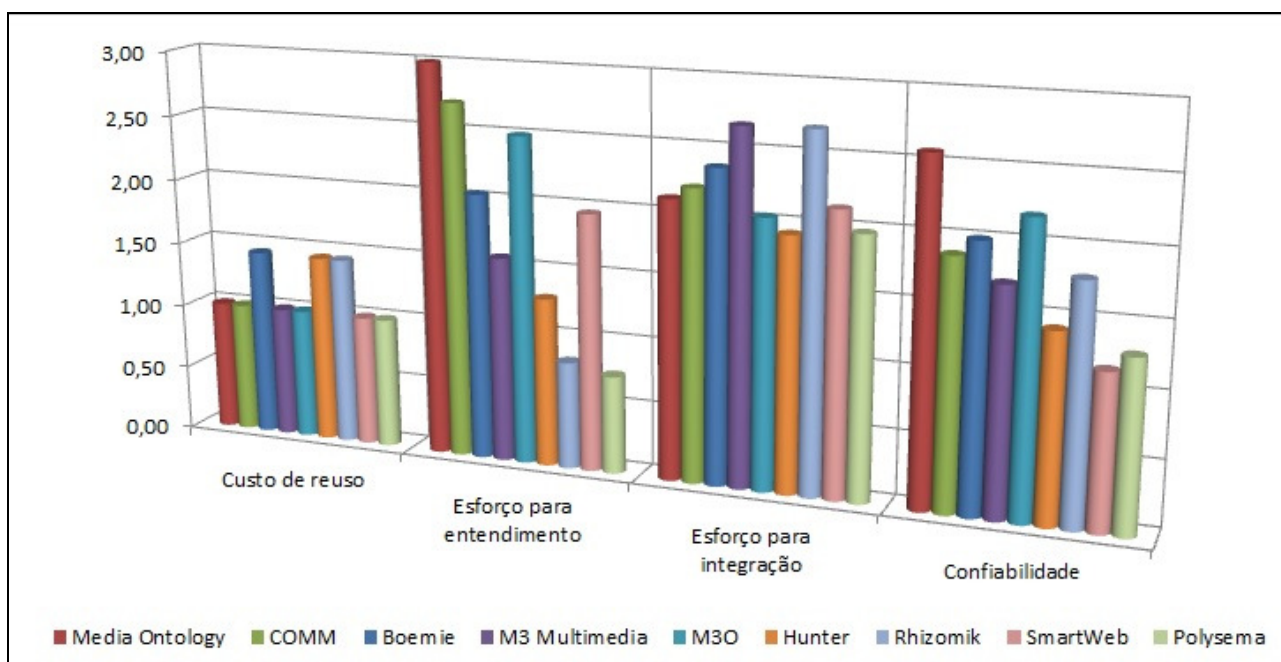
Analizado o gráfico percebe-se que Media Ontology e M3O obtiveram pontuação satisfatória principalmente em razão de terem sido bem avaliadas no quesito disponibilidade de testes e avaliações concernentes, o que as diferenciam das outras no grau de confiança técnica. Torna-se válido ressaltar que as três últimas colocadas não foram bem avaliadas no quesito uso de axiomas, principalmente, e suporte prático. As outras ontologias podem ser consideradas plausíveis na confiabilidade de seus usos, principalmente por apreenderem uma rica axiomatização em suas conceituações referenciadas no padrão MPEG-7, além possuírem uma equipe de desenvolvimento com boa reputação.

6.5 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A ANÁLISE COMPARATIVA

A partir da análise comparativa realizada nos dezessete critérios foi possível delinear considerações relevantes sobre as ontologias multimídia estudadas e as quatro dimensões *custo de reúso*, *esforço para entendimento*, *esforço para integração* e *confiabilidade*. O Gráfico 9 mostra a atuação das ontologias nas dimensões concernentes a reúso. E o Gráfico 10 apoia a visão panorâmica comparativa destas dimensões. As evidências são enumeradas e elucidas a seguir.

- Media Ontology, de acordo com o Gráfico 9, se manteve como a ontologia de qualidade diferenciada em relação às nove analisadas como candidatas a reúso. Em contrapartida, a ontologia Polysema MPEG-7 se mostrou como a de menor qualidade em aspectos de reúso. Percebe-se que a M3 Multimedia e a Rhizomik MPEG-7 apresentaram índices favoráveis bem próximos a esforço para integração. E a M3O e a COMM como propostas de modelagem mais ousadas para anotação multimídia, se mantiveram próximas em relação às pontuações para reúso.

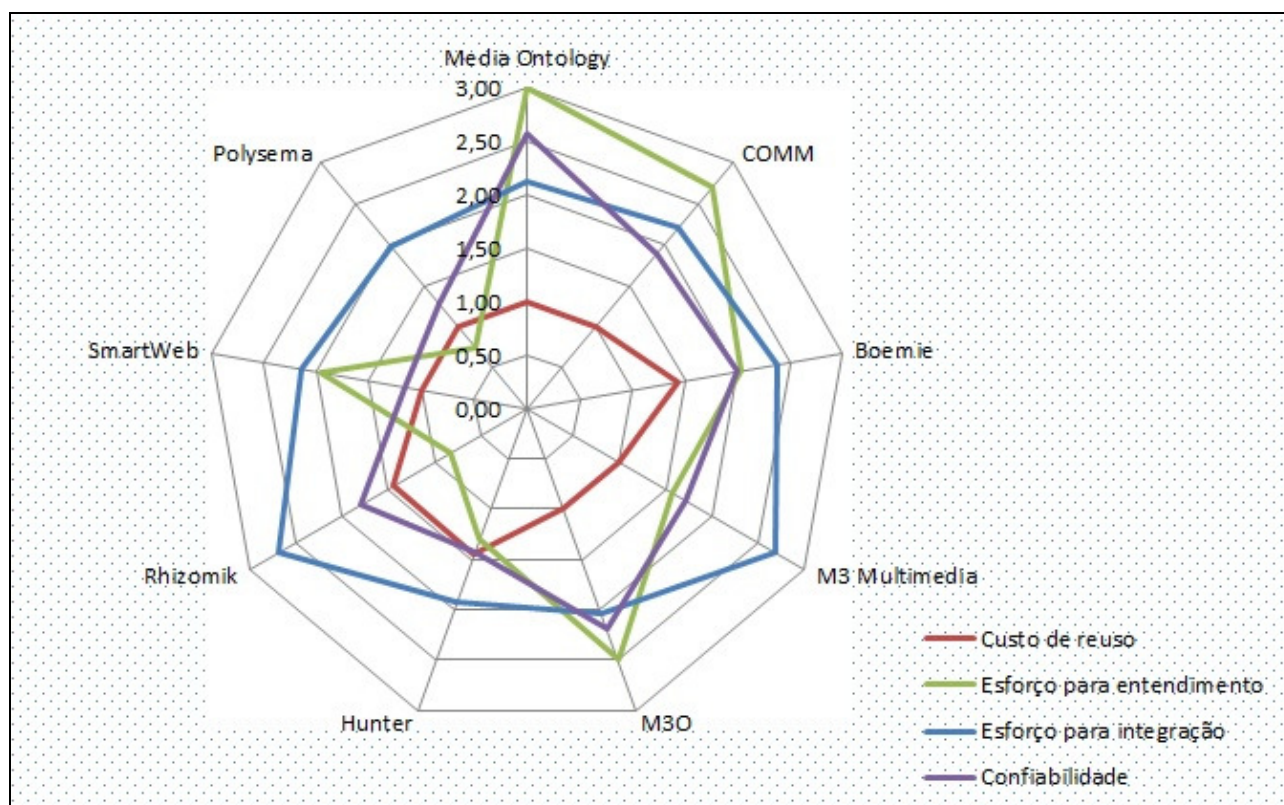
Gráfico 9 - Atuação das ontologias nas dimensões para reúso



Fonte: elaborado pela autora.

- Ontologias que obtiveram pontuação igual ou acima de 2 (considerada razoável numa escala de 0 a 3) e que se mantiveram estáveis em nível de pontuação nas dimensões com influência positiva para *ranking* (de acordo com o Gráfico 9) foram as envolvidas no projeto Boemie, a M3O e a Media Ontology, nesta ordem. Essa constatação é importante no sentido de se conhecer ontologias multimídia que se mantêm num nível de qualidade em todos os aspectos considerados favoráveis a reúso de recursos de conhecimento.
- Confiabilidade pode ser considerada uma característica presente na maioria das ontologias analisadas, de acordo com o Gráfico 9, pelas seguintes constatações: i) todas possuem uma equipe de desenvolvimento com boa reputação; ii) todas são assistidas por entidades importantes no cenário mundial, tais como W3C, *European Commission*, *German Federal Ministry of Education and Research*, universidades europeias conceituadas e renomados centros de pesquisa; e iii) grande parte (M3O, COMM, Boemie, M3 Multimedia, Rhizomik) se propôs a disponibilizar ricas axiomatizações em suas conceituações, as quais são fundamentadas, na maioria dos casos, em ontologias de alto nível, em padrões de projeto multimídia, e no padrão MPEG-7.
- Custo de reúso como dimensão que influencia negativamente o *ranking* para reúso se manteve estável para a maioria das ontologias (conforme indica o Gráfico 9) e, portanto, sem considerável influência na pontuação final destas.

Gráfico 10 - Panorama comparativo das dimensões para reúso



Fonte: elaborado pela autora.

- Esforço para integração, de acordo com o Gráfico 10, foi a dimensão mais bem qualificada em comparação com as outras duas com influência positiva para *ranking* e também a que se manteve geometricamente mais estável em relação as demais. Isso demonstra que as nove ontologias multimídia se apresentaram como boas candidatas a reúso em relação a esforço empreendido para alinhamentos. Reforça também que o método aplicado na seleção de ontologias multimídia a compor o *corpus* da pesquisa foi bem sucedido para a dimensão que contempla um aspecto forte da pesquisa relacionado à cobertura de requisitos funcionais.
- Cobertura de requisitos funcionais é uma característica que possibilitou algumas observações relevantes acerca da existência de lacunas que podem ser endereçadas à proposição de recomendações para modelagem multimídia. São elas: metadados para classificação e uso da mídia, personalização de conteúdo e características auditivas de alto e baixo nível são pouco explorados no contexto das ontologias analisadas. Descritores MPEG-7 específicos para áudio, tanto de alto nível quanto de baixo nível, são cobertos apenas pela ontologia MPEG-7 Rhizomiki. Algumas, como são os casos da MDO Boemie e SmartWeb MPEG-7, modelam classes de recursos de áudio desprovidas de axiomas e anotações para comportar futuras implementações.

- Estratégias diversificadas de modelagem para metadados descritivos de conteúdo foi um aspecto notório na análise das ontologias multimídia, conforme pôde ser visto nos Quadros 16 e 17. Algumas ontologias propagam ambiguidades semânticas presentes no padrão MPEG-7 buscando seguir a flexibilidade de seus esquemas; outras buscam restringir classes e propriedades relacionadas ao padrão por meio de axiomas, como ocorreu com a MCO Boemie. Há de se pensar na estratégia mais conveniente numa perspectiva de uso dessas ontologias na Web em que as possibilidades interpretativas dos agentes (humanos e computacionais) são diversas. E, por fim, ontologias para anotação semântica são concebidas como meio de a máquina interpretar os metadados com semânticas bem definidas e necessárias para garantir que o anotador e o consumidor da anotação compartilhem o mesmo significado perante um recurso multimídia.
- Ontologias de fundamentação e padrões de projeto multimídia são recursos de conhecimento usados efetivamente apenas pela COMM e M3O na organização semântica de seus elementos multimídia. A M3 Multimedia também o faz de forma indireta quando estabelece reuso de toda a estrutura de conhecimento da COMM, porém não deixa claro em sua escassa documentação como usufrui dos padrões multimídia da COMM em sua conceituação. E a SmartWeb MPEG-7 apesar de usar ontologias de fundamentação para organização de entidades semânticas provenientes da integração com ontologias de domínio, não possui uma estrutura consistente para organizar semanticamente características multimídia como segmentação e anotação.
- Esforço para entendimento, de acordo com o Gráfico 10, foi a dimensão que se apresentou com pontuações mais baixas para as ontologias analisadas. Contribuíram para essa realidade a Polysema MPEG-7, a MPEG-7 Rhizomik, a MPEG-7 Hunter e a M3 Multimedia, em geral por motivos de escassez de fontes documentais e/ou ausência de anotações, ou mesmo sem contribuição semântica, nos elementos de suas estruturas. Tal constatação desqualifica essas ontologias no aspecto de um consumo considerável de tempo para se conseguir entender seus propósitos, escopos e conceituações visando alinhamentos consistentes.

Finalmente, os Quadros 18 e 19 apresentam um resumo da análise comparativa de conteúdo documental das ontologias multimídia. O Quadro 20 apresenta um resumo da análise comparativa envolvendo a inspeção do código das ontologias multimídia. E o Quadro 21 apresenta a estratificação da avaliação dos dezessete critérios correspondentes em cada dimensão frente às nove ontologias multimídia avaliadas. As pontuações inerentes a cada uma delas também são exibidas.

Quadro 18 - Quadro sinóptico da análise de conteúdo documental (a)

Categorias de análise de conteúdo	Media Ontology	COMM	Boemie	M3 Multimedia	M3O
Propósito de desenvolvimento	Definir descritores centrais para descrever conteúdo multimídia.	Cobrir genericamente um domínio que lida com conteúdo multimídia.	Representar semântica multimídia dentro de um cenário de aplicação integrada.	Criar um mecanismo de busca semântica de recursos multimídia.	Integrar modelos e padrões de metadados por meio de um <i>framework</i> genérico de modelagem semântica.
Disponibilidade de documentação	Informação sobre as propriedades de anotação determinadas.	Informação sobre os padrões multimídia especializados dos padrões de projeto da DOLCE.	Informações sobre a modelagem das conceituações das ontologias multimídia.	Informações sobre o projeto Buscamedia e sua perspectiva multimídia.	Informações sobre a modelagem dos padrões multimídia e de proveniência.
Recursos de conhecimento utilizados	Padrões de metadados W3C para mídia, destacando os padrões MPEG-7 e Dublin Core.	Padrão MPEG-7; DOLCE e padrões de projeto D&S e OIO.	Padrão MPEG-7	DUL; LIR; Media Ontology; Boemie VDO; COMM; FOAF; Dublin Core.	DUL e padrões de projeto DnS, <i>Information and Realization e Data Value</i> .
Disponibilidade de conhecimento externo	Lista de casos de uso compilados envolvendo vocabulários multimídia, com destaque à disponibilidade das especificações de requisitos que fundamentam a ontologia.	Organização conceitual (OWLDoc) de cada módulo da COMM reusado na ontologia <i>M3 Multimedia</i> .	Organização conceitual (OWLDoc) da MDO reusada na ontologia <i>M3 Multimedia</i> .	Sítio do <i>Ontology Engineering Group</i> .	Sítio sobre o <i>framework</i> SemanticMM4U e sua integração com a M3O.
Disponibilidade de testes	Conjunto de testes envolvendo todos os formatos contemplados no documento de especificação da ontologia.	Ausente	Ausente	Ausente	Informação sobre o método de integração de ontologias e padrões de metadados em casos reais de aplicação.
Disponibilidade de resultados de avaliação de testes	Arquivos de compatibilização de vocabulários disponíveis, testados e avaliados.	Ausente	Ausente	Ausente	Informação sobre os resultados de avaliações sobre os testes de integração.
Equipe de desenvolvimento	<i>W3C Media Annotation Working Group</i>	<i>W3C Multimedia Annotation Interoperability</i> . Ontologia referenciada no <i>W3C Multimedia Vocabularies on the Semantic Web</i> .	Centros de Pesquisa Europeus	<i>Ontology Engineering Group</i>	Grupo de pesquisa acadêmico
Projetos e ontologias que fazem uso	Projeto Buscamedia e sua ontologia multimídia denominada <i>M3 multimedia</i> ; Multimedia Metadata Ontology (M3O).	Projetos X-Media, K-Space, Buscamedia e Organizações Globo. Multimedia Metadata Ontology (M3O).	Projeto Buscamedia e sua ontologia multimídia denominada <i>M3 multimedia</i> .	Projeto Buscamedia	Projeto WeKnowIt Projeto X-Media.

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 19 - Quadro sinóptico da análise de conteúdo documental (b)

Categorias de análise de conteúdo	MPEG-7 Hunter	MPEG-7 Rhizomik	SmartWeb MPEG-7	Polysema MPEG-7 MDS
Propósito de desenvolvimento	Propor uma tradução manual do padrão de metadado MPEG-7 visando integração com tecnologias da Web Semântica.	Produzir ontologias por meio de tradução automática e completa do padrão MPEG-7 para integração com iniciativas de metadados multimídia existentes.	Produzir ontologias fundamentadas no padrão MPEG-7 para anotação de conteúdo multimídia envolvido em dispositivos inteligentes e móveis.	Cobrir descrições baseadas no MDS MPEG-7 e subsidiar a ferramenta de anotação de vídeo.
Disponibilidade de documentação	Informação sobre as classes e propriedades relacionadas a conteúdo multimídia, decomposição de segmentos e descritores visuais.	Informação sobre a metodologia empregada para a tradução do padrão MPEG-7 em ontologia OWL.	Informação sobre as ontologias multimídia, de fundamentação e de domínio envolvidas no projeto.	Informação sobre o subconjunto de elementos MPEG-7 MDS contemplados na ontologia.
Recursos de conhecimento utilizados	Padrão MPEG-7	Padrão MPEG-7	Padrão MPEG-7; DOLCE; SUMO.	Padrão MPEG-7
Disponibilidade de conhecimento externo	Sítio W3C <i>Multimedia Vocabularies on the Semantic Web</i> .	Sítio W3C <i>Multimedia Vocabularies on the Semantic Web</i> .	Ausente	Ausente
Disponibilidade de testes	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Disponibilidade de resultados de avaliação de testes	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Equipe de desenvolvimento	Grupo de pesquisa academico. Ontologia referenciada no W3C <i>Multimedia Vocabularies on the Semantic Web</i> .	<i>Distributed Multimedia Application Group</i> e <i>Music Technology Group</i> (Universitat Pompeu Fabra). Ontologia referenciada no W3C <i>Multimedia Vocabularies on the Semantic Web</i> .	<i>German Research Center for Artificial Intelligence</i>	<i>Pervasive Computing Research Group, department of Informatics and Telecommunications</i> (University of Athens)
Projetos e ontologias que fazem uso	Projetos Harmony, Fuel Cell e Visible Cell.	Projeto ReDeFer e ontologias associadas; Music Brainz ontology.	Projeto SmartWeb	Projeto Polysema

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 20 - Quadro sinóptico da análise de conteúdo das ontologias multimídia

Aspectos analisados			Media Ontology		COMM		Boemie		M3 Multimedia		M3O		MPEG-7 Hunter		MPEG-7 Rhizomik		SmartWeb MPEG-7		Polysema MPEG-7	
Linguagem de implementação			OWL DL		OWL DL		OWL DL		OWL DL		OWL		OWL Full		OWL Full		RDFS		OWL	
Clareza no código			Nomenclaturas claras para os conceitos.		Estrutura taxonômica complexa de conceitos abstratos advindos da DOLCE e padrões multimídia estendidos.		Nomenclaturas claras para os conceitos.		Nomenclaturas claras para os conceitos.		Entidades organizadas por padrões de projeto de conteúdo de ontologias.		Definições das classes e propriedades sem comentários significativos.		Taxonomia extensa e com ausência de comentários em sua estrutura.		Taxonomia extensa, mas com comentários em sua estrutura.		Taxonomia simples, mas com ausência de comentários em sua estrutura.	
Adequação a extração de conhecimento			Subclasses específicas para características de mídia.		Modularização para padrões multimídia.		Modularização para segmentos de mídia e descritores de mídia.		Modularização para perspectiva multimídia, multidomínio e multilingua.		Modularização para padrões multimídia e de proveniência.		Subclasses específicas para características de mídia.		Terminologia análoga ao padrão MPEG-7.		Terminologia com prefixos dos recursos de conhecimento utilizados.		Taxonomia específica para os esquemas de descrição multimídia.	
Adequação a convenção de nomes			Padrões de metadados W3C.		Padrão de metadado MPEG-7.		Padrão de metadado MPEG-7.		Padrões de metadados W3C; MPEG-7.		Terminologia adotada pela equipe de projeto.		Padrão de metadado MPEG-7.		Padrão de metadado MPEG-7.		Padrão de metadado MPEG-7.		Padrão de metadado MPEG-7.	
Requisitos funcionais cobertos	Metadados Multimídia	Independentes de conteúdo (32)	28	87.5%	19	59.4%	5	15.6%	28	87.5%	7	21.9%	9	28.1%	32	100%	15	46.9%	20	62.5%
		Dependentes de conteúdo (44)	0	0%	20	45.5%	22	50.0%	22	50.0%	0	0%	20	45.5%	42	95.5%	5	11.4%	0	0%
		Descritivos de conteúdo (44)	19	43.2%	19	43.2%	15	34.1%	30	68.2%	14	31.8%	14	31.8%	44	100%	21	47.7%	9	20.5%
		Cobertura (120)	47	39.2%	58	48.3%	42	35.0%	80	66.7%	21	17.5%	43	35.8%	118	98.3%	41	34.2%	29	24.2%
Características semânticas	Axiomas		20	42.6%	33	56.9%	35	83.3%	50	62.5%	17	81.0%	0	0%	103	87.3%	0	0%	15	51.7%
	Anotações		46	97.9%	53	91.4%	19	45.2%	41	51.3%	17	81.0%	41	95.3%	0	0%	41	100%	28	96.6%

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 21 - Resultado dos critérios avaliados nas ontologias multimídia

Critérios			Pesos		Valores															
					Media Ontology		COMM		Boemie		M3 Multimedia		M3O		MPEG-7 Hunter		MPEG-7 Rhizomik		SmartWeb MPEG-7	
Custo de Reúso																				
Custo econômico	(-)	9	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1
Tempo requerido	(-)	7	B	1	B	1	M	2	B	1	B	1	M	2	M	2	B	1	B	1
			1,00		1,00		1,44		1,00		1,00		1,44		1,44		1,00		1,00	
Esforço para entendimento																				
Qualidade da documentação	(+)	8	A	3	A	3	A	3	B	1	A	3	B	1	B	1	M	2	B	1
Disponibilidade de conhecimento externo	(+)	7	A	3	A	3	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	D	0	D	0
Clareza no código	(+)	8	A	3	M	2	M	2	A	3	A	3	M	2	B	1	A	3	B	1
Anotações na terminologia compatibilizada	(+)	5	A	3	A	3	M	2	B	1	A	3	B	1	D	0	A	3	B	1
			3,00		2,71		2,04		1,57		2,50		1,29		0,82		1,96		0,75	
Esforço para integração																				
Número de requisitos funcionais cobertos	(+)	10	47	1.18	58	1.45	42	1.05	80	2.00	21	0.53	43	1.08	118	2.95	41	1.03	29	0.73
Adequação a extração de conhecimento	(+)	9	M	2	M	2	A	3	A	3	A	3	M	2	M	2	A	3	M	2
Adequação a convenção de nomes	(+)	5	A	3	A	3	A	3	A	3	M	2	M	2	A	3	A	3	A	3
Adequação a linguagem de implementação	(+)	7	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	M	2	A	3
			2,12		2,21		2,37		2,68		2,04		1,93		2,69		2,14		1,98	
Confiabilidade																				
Disponibilidade de testes	(+)	8	A	3	D	0	D	0	D	0	M	2	D	0	D	0	D	0	D	0
Avaliação de testes	(+)	8	A	3	D	0	D	0	D	0	B	1	D	0	D	0	D	0	D	0
Reputação do time de desenvolvimento	(+)	8	A	3	A	3	A	3	A	3	M	2	A	3	A	3	M	2	M	2
Confiabilidade no propósito	(+)	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	M	2	M	2	A	3	A	3
Suporte prático	(+)	7	A	3	A	3	A	3	B	1	M	2	M	2	M	2	B	1	B	1
Recursos de conhecimento utilizados	(+)	8	M	2	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3
Axiomas identificados na terminologia compatibilizada	(+)	6	B	1	M	2	A	3	A	3	A	3	D	0	A	3	D	0	B	1
			2,58		1,88		2,00		1,71		2,19		1,42		1,79		1,17		1,29	
	Pontuação (+)		2.56		2.19		2.12		1.95		2.23		1.53		1.80		1.66		1.35	
	Pontuação (-)		1.00		1.00		1.44		1.00		1.00		1.44		1.44		1.00		1.00	
	Pontuação (=)		1.56		1.19		0.68		0.95		1.23		0.09		0.36		0.66		0.35	

Fonte: elaborado pela autora.

7- PROPOSIÇÃO DO MODELO CONCEITUAL DE REFERÊNCIA MULTIMÍDIA

A parte central deste capítulo está na apresentação do produto final da tese correspondente ao seu objetivo geral em desenvolver um modelo conceitual de referência baseado em ontologias para o domínio de anotação de documentos multimídia. A proposta em si está fundamentada em recursos de conhecimento representativos selecionados por meio de *ranking* de ontologias multimídia candidatas a reúso.

O *ranking* de ontologias multimídia foi obtido pela adoção do guia metodológico denominado *NeOn Methodology* (SUÁREZ-FIGUEROA, 2010; ONTOLOGY ENGINEER GROUP, 2010; SUÁREZ-FIGUEROA, GÓMEZ-PÉREZ e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012), considerado atual e confiável em relação a testes e validações em variados domínios, inclusive o de multimídia. Os Cenários 2 e 3 do guia foram operacionalizados na pesquisa no sentido de cumprir com os objetivos específicos da tese da seguinte forma: o Cenário 2 - *reúso e reengenharia de recursos não ontológicos* – compreendeu a seleção dos padrões de metadados MPEG-7 e Dublin Core tidos como recursos não ontológicos responsáveis pela composição da lista de requisitos multimídia da pesquisa; e o Cenário 3 - *reúso de recursos ontológicos* – compreendeu a seleção das nove ontologias multimídia endereçadas à análise, a avaliação e a comparação para fins de *ranking*.

A proposição do modelo conceitual também contou com o suporte dos Cenários 1 e 3 do guia *NeOn* para a seleção do conjunto de recursos ontológicos que fosse apropriado frente a requisitos funcionais e não funcionais estabelecidos e baseados na análise comparativa apresentada no Capítulo 6. Outra atividade advinda do Cenário 3 compreendeu a definição do modo de reúso dos recursos ontológicos selecionados. Das três propostas aventadas pelo guia, a combinação de recursos ontológicos para se obter um novo recurso, neste caso o modelo conceitual de referência, foi a opção selecionada pelo fato de se considerar viável o reúso de recursos de conhecimento provenientes das ontologias melhores colocadas do *ranking*. Nesse sentido, os Cenários 5, 6 e 8 foram também operacionalizados na pesquisa compreendendo especificações de alinhamentos, combinações, reengenharia e reestruturação de recursos de conhecimento multimídia.

O capítulo encontra-se organizado da seguinte forma: a seção 7.1 especifica os requisitos funcionais e não funcionais para a proposição do modelo conceitual de referência multimídia; a seção 7.2 descreve os argumentos para a seleção dos recursos ontológicos apontados no *ranking* de ontologias multimídia candidatas a reúso; a seção 7.3 apresenta a especificação do modelo conceitual de referência, incluindo o método de alinhamento dos recursos de conhecimento advindos das ontologias multimídia selecionadas para reúso, além de recomendações favoráveis à modelagem proposta; finalmente a seção 7.4 se incumbe de traçar as considerações gerais e relevantes à proposição do modelo em questão.

7.1 REQUISITOS DO MODELO CONCEITUAL DE REFERÊNCIA

A especificação de requisitos foi o ponto de partida para a proposta do modelo conceitual de referência envolvendo ontologias multimídia. De acordo com Fernandez, Gomez-Perez e Juristo (1997), as informações necessárias para a especificação de requisitos seriam: i) o propósito da ontologia; ii) o grau de formalidade - desde o informal até o formal; e iii) o escopo. O propósito do modelo de referência abrange a intenção de seu uso, os possíveis cenários que demandam o uso e os usuários que irão utilizá-lo. O grau de formalidade vai depender da formalização envolvida na codificação dos termos e seus significados, podendo ser desde o informal até o rigorosamente formal, conforme classificado por Uschold e Gruninger (1996). E, finalmente, o escopo vai incluir um conjunto de termos, suas características e sua granularidade, que pode se resumir nos requisitos multimídia previamente determinados na pesquisa.

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 e PEREIRA, 2002; ISQ, 2010; OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004; NACK, OSSENBRUGGEN e HARDMAN, 2005; ARNDT et al., 2007; STEGMAIER et al., 2009; SAATHOFF e SCHERP, 2010).

Como exemplos de cenários de consultas (MARTÍNEZ, 2004) 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.

O artefato computacional inerente a proposta de modelagem será implementado em OWL e validado em propostas de trabalhos futuros envolvendo um ambiente de informação específico, conforme será descrito no Capítulo 9. E o escopo do modelo, incluindo especialmente as características multimídia, é especificado nos requisitos funcionais descritos a seguir.

Os **requisitos funcionais** (RF) para a construção do modelo proposto têm como referência as descrições dos padrões de metadados multimídia, MPEG-7 especialmente, e características consideradas relevantes em conceituações de ontologias multimídia endereçadas a Web Semântica. A abstração concernente à norma ISO MPEG-7 e o *framework* comparativo foram importantes para se compreender a realidade das descrições multimídia e selecionar as entidades de maior relevância para o problema objeto de investigação, isto é, a organização sistemática de metadados multimídia para representação de documentos desta natureza na Web. Nesse sentido, foi proposto um conjunto de características (multimídia) necessárias à composição do modelo conceitual baseado em ontologias. Para cada característica são descritas a seguir algumas **questões de competência** (de ordem genérica) que refletem o problema do domínio da descrição multimídia.

1. Considerar o conteúdo e a realização da mídia em várias modalidades, tais como áudio, imagem, texto e vídeo. **Questões:** i) Que tipos de formatos de vídeo existem? ii) Que tipos de formatos de imagem existem? iii) Quais os Exemplares de uma Obra?
2. Cobrir metadados independentes de conteúdo, incluindo informação de criação e produção da mídia; classificação da mídia; informação da mídia; e uso da mídia. **Questões:** i) Qual o lugar de criação da imagem? ii) Qual a faixa etária permitida para determinado programa? iii) Quais resoluções têm os arquivos de imagem?
3. Cobrir metadados dependentes de conteúdo, incluindo informações visuais e de áudio. **Questões:** i) Quais as coordenadas geográficas de um objeto localizado numa cidade retratada em uma imagem? ii) Qual a cor predominante em uma imagem? iii) No fluxo de um áudio, em que parte predomina determinado timbre de um instrumento musical?
4. Cobrir metadados descritivos de conteúdo, incluindo informações sobre segmentos multi(mídia); semântica de conteúdo; personalização de conteúdo; e características de alto nível envolvendo áudio. **Questões:** i) Quais os

quadros constitutivos de um vídeo? ii) Quais capítulos de um livro tratam de um determinado assunto? iii) Quais documentos falados retratam um determinado discurso?

O RF (1) considera a separação entre objetos e suas realizações (PRESUTTI e GANGEMI, 2008) em tipos diferentes de mídias como áudio, imagem, texto e vídeo. Objetos de informação podem ser poemas, canções, fórmulas e suas realizações físicas como livros impressos, faixas de músicas registradas, arquivos físicos, etc. Consideram-se também descrições como a identificação da mídia que pode assegurar que um conteúdo multimídia expresso em um determinado formato possa ser ligado com outra versão, possibilitando inferir o fato de que ambos os arquivos de mídia realizam a mesma informação, a qual foi realizada em diferentes formatos e plataformas. 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 RF (2) considera informações para gerenciamento e administração de recursos informacionais como características envolvendo a criação do conteúdo da mídia e de recursos a ele associados; características destinadas à classificação do recurso, tais como gênero, assunto, propósito, idioma, além de classificação etária, orientação para pais e avaliação subjetiva; características voltadas ao meio de armazenamento como formato, compressão e codificação do conteúdo; características envolvendo direitos, registro e disponibilidade de uso; e informação financeira acerca do conteúdo multimídia.

O RF (3) considera informação de baixo nível para metadados visuais e de áudio. Os metadados visuais abrangem características como cor, textura, forma, movimento e localização. Os metadados para áudio contemplam características como base espectral, timbre espectral, timbre temporal, parâmetros de sinal, espectral básico e básico.

O RF (4) considera características relacionadas à estrutura de conteúdo em termos de segmentos multimídia. Neste caso, a semântica na decomposição de tipos de mídia correspondentes precisa ser tratada como, por exemplo, anotações produzidas em um vídeo que pode ser decomposto em vários segmentos baseados em cenas, que por sua vez são decompostas em quadros ou regiões em movimento. E, ainda, informações mais detalhadas sobre a localização de mídias são requeridas. Ademais, o requisito também considera estratégias de modelagem para associar conteúdo multimídia a entidades semânticas veiculadas (oriundas de ontologias de domínio), como, por exemplo, um rosto de uma pessoa retratado em uma imagem; além de características de modos de

personalização de conteúdo multimídia a fim de facilitar navegação, acesso e interação de usuários em relação ao consumo de conteúdo; e características voltadas à cobertura de domínios de conhecimento específicos envolvendo áudio.

Finalmente, os **requisitos não funcionais** (RNF) foram determinados a partir da análise comparativa das ontologias multimídia apresentada no Capítulo 6 e fundamentados no referencial teórico desta tese. A especificação desses requisitos se deu em relação a características consideradas relevantes no domínio de ontologias multimídia endereçadas a Web Semântica.

Em se tratando do uso de um modelo conceitual multimídia confiável e seguro endereçado à construção de ontologias no escopo da Web Semântica, os requisitos não funcionais necessários são os seguintes:

1. Possuir uma ontologia de fundamentação como referência.
2. Ser fundamentado em padrões multimídia estendidos de padrões de projeto de ontologias.
3. O modelo de referência multimídia deve fazer reuso de ontologias bem colocadas no *ranking*.
4. O modelo de referência em seus aspectos de metadados multimídia deve considerar diferentes níveis de granularidade.
5. O modelo de referência multimídia precisa assegurar interoperabilidade sintática e semântica em relação a conteúdo multimídia na Web.
6. O modelo de referência deve possuir uma arquitetura com separação de interesses.
7. O modelo de referência deve ser extensível em relação à construção de uma ontologia multimídia abrangente.

O RNF (1) considera uma ontologia de fundamentação como um alicerce de conhecimento teórico sólido sobre as coisas do mundo redundando em categorias ontológicas com propriedades cognitivas estritamente dependentes da percepção humana. Em se tratando da concepção de modelos conceituais para o domínio multimídia, uma ontologia de fundamentação representa ferramenta conceitual de importância para a estruturação de conhecimento humano sobre o fenômeno multimídia e consequentemente para a criação de ontologias, neste domínio, com qualidade. Conforme assinalam Guarino e Guizzardi (2006, p.9), “[...] uma área interessada na criação de modelos da realidade com o propósito de entendimento e comunicação, deve comprometer-se com uma teoria fundamental que, embora ontológica, considera seriamente linguagem e cognição humana ” 202. Assim, uma ontologia de fundamentação com seu sistema

²⁰² “[...] an area concerned with creating models of reality for the purpose of understanding and communication, should commit to a foundational theory that, albeit ontological, takes human language and cognition seriously.”

formal de categorias beneficia semanticamente a estrutura taxonômica central da ontologia de domínio quando esclarece o significado pretendido sobre os termos, apoiando, por exemplo, a integração de instâncias multimídia com ontologias de domínios específicos; e a sua estrutura taxonômica e axiomatizada pode também ser estendida para outras entidades do modelo de acordo com um determinado contexto.

O RNF (2) considera uma abordagem baseada em padrões para projeto de ontologias (GANGEMI, 2005; PRESUTTI e GANGEMI, 2008; GANGEMI e PRESUTTI, 2009) que podem amenizar os desafios impostos na atividade de reúso, os quais se resumem muitas vezes no tamanho e na complexidade das ontologias envolvidas; na falta de transparência do raciocínio de modelagem aliado à escassez de documentação subjacente; e na falta de critérios no processo de reengenharia de recursos de conhecimento envolvidos no reúso. Segundo Presutti e Gangemi (2008), padrões de projeto de ontologias são soluções reusáveis para problemas de modelagem de conteúdo recorrente, como, por exemplo, questões de competência (refletindo um caso de uso) que podem ser encontradas em diferentes domínios. Desse modo, os autores definem que padrões de projeto de conteúdo de ontologias estão associados a um conjunto específico de questões de competência, as quais representam o problema e sua solução; e, tipicamente, são representados em um pequeno conjunto autônomo de classes e relações que facilita o projeto de ontologias. Gangemi (2005) complementa tal pressuposto afirmando que o formato simplificado de um padrão de projeto de ontologias permite visualizações diagramáticas aceitáveis e memorizáveis. Ontologias multimídia como a COMM (ARNDT et al., 2007) e a M3O (SAATHOFF e SCHERP, 2010) utilizam padrões de projeto para a organização genérica de entidades associadas a conteúdo multimídia, como anotação e segmentação. Tais padrões possuem problemas e soluções comuns que podem ser usados em variadas áreas e domínios envolvendo arquivos multimídia. Finalmente, o RNF (2) opera em conjunto com o RNF (1) no sentido de os padrões de projeto se basearem em uma ontologia de referência para fundamentar a taxonomia central. Nesse sentido, os padrões de projeto herdam de sua ontologia fundamental, os axiomas e serviços de inferência associados que já se encontram definidos (GANGEMI, 2005).

O RNF (3) considera as ontologias multimídia mais bem colocadas no *ranking* obtido a partir da aplicação dos dezessete critérios avaliativos, os quais se organizaram nas dimensões custo para reúso, esforço para entendimento, esforço para integração e confiabilidade. Este requisito é detalhado na seção 7.2 quando elucida a seleção das ontologias multimídia adequadas a reúso para o modelo de referência.

O RNF (4) prevê um modelo conceitual que represente uma estrutura taxonômica abrangente capaz de comportar entidades multimídia de natureza genérica (ex. conceito de

anotação) bem como de natureza específica (ex. descritores primitivos e específicos para áudio) de acordo com um determinado contexto.

O RNF (5) garante que o significado intencionado da semântica capturada no modelo de referência possa ser compartilhado entre diferentes aplicações no escopo da Web Semântica. Além do compartilhamento semântico de conteúdo multimídia, o modelo de referência deve prever meios de transmissão em alguma sintaxe acordada por uma comunidade, que, neste caso, seria por meio de linguagens da Web Semântica como OWL, por exemplo.

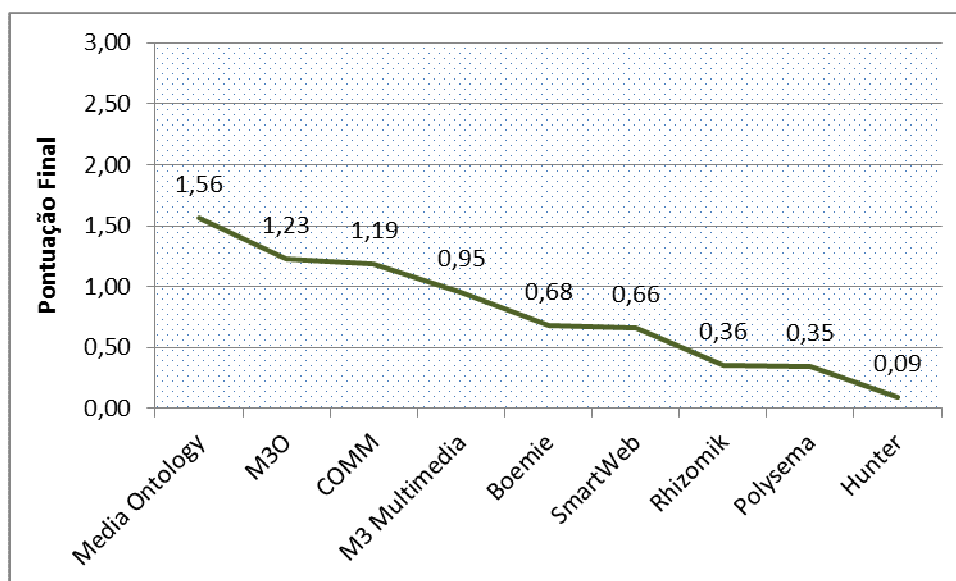
O RNF (6) prevê uma clara separação de interesses (ARNDT et al., 2007) envolvendo o assunto da mídia (semântica de conteúdo), o conhecimento relacionado à gestão de recursos informacionais da mídia (metadados independentes de conteúdo), a estrutura (segmentos de mídia) e a características de documentos multimídia (metadados dependentes de conteúdo).

O RNF (7) reforça o RNF (5) quando visa à construção de uma ontologia multimídia abrangente. Considerando que uma ontologia está sempre em evolução²⁰³, a inclusão de novos conceitos deve ser sempre prevista na conceituação com característica extensível. A extensibilidade é assegurada pelos requisitos descritos em RNF (1) e RNF (2) na medida em que padrões de projeto e ontologias de fundamentação conseguem através das metacategorias ampliar a possibilidade de inserção de novos conceitos sem precisar modificar o modelo central subjacente.

7.2 SELEÇÃO DAS ONTOLOGIAS MULTIMÍDIA ADEQUADAS A REÚSO

O Gráfico 11 apresenta o *ranking* almejado das ontologias multimídia candidatas a reuso cujo resultado da pontuação final (conferir Quadro 21) foi obtido por cálculo de média ponderada envolvendo os critérios com influência positiva e negativa no *ranking* (conforme explicado em detalhe na seção 4.2.3.3).

²⁰³ Percebe-se que o processo de ciclo de vida baseado na evolução de protótipos é o mais adequado à construção de ontologias (FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e JURISTO, 1997). Permite a modificação, a inclusão e a remoção de definições conceituais na ontologia a qualquer momento a partir da necessidade de desenvolvimento de uma nova versão (protótipo).

Gráfico 11 - *Ranking* das ontologias multimídia candidatas a reúso

Fonte: elaborado pela autora.

A partir desse *ranking* e das constatações alcançadas na análise comparativa exibida no Capítulo 6 tornou-se possível selecionar e justificar os recursos ontológicos apropriados a reúso. A seleção das ontologias consideradas adequadas a reúso foi determinada a partir dos requisitos delineados na seção 7.1. As ontologias que melhor se ajustaram à proposição do modelo conceitual de referência multimídia foram a Media Ontology, a M3O, a COMM e a M3 Multimedia. A ontologia MPEG-7 Rhizomik apesar de ter ficado numa posição desfavorável no *ranking* foi recomendada como fonte de consulta para ontologistas que possam vir a estender o modelo de referência com novas descrições multimídia. Como a ontologia Rhizomik foi oriunda de uma proposta de tradução completa do MPEG-7, sua avaliação foi positiva na dimensão esforço para integração (2,69 numa escala de 0 a 3). Desse modo, as descrições axiomatizadas da ontologia Rhizomik podem vir a ser úteis à completude do modelo em questão. A seguir são apresentadas as decisões de recorte de recursos de conhecimento nas ontologias multimídia acima mencionadas.

Dado que o modelo conceitual de referência deve ser fundamentado em uma ontologia de alto nível bem como em padrões de projeto multimídia, e ainda tratar diferenças semânticas entre o conteúdo e a realização da mídia, a M3O foi eleita como a melhor ontologia no atendimento aos RNF (1), RNF (2) e RF (3) dessa proposta. A escolha se justifica pelo fato de a arquitetura da conceituação da M3O ser fundamentada na ontologia de alto nível DOLCE+DnS Ultralight (DUL) e em três padrões de projeto referenciados por esta, a saber: *Description and Situation* (DnS), *Information and Realization Pattern* e *Data Value Pattern*. Os padrões multimídia da M3O são estendidos do padrão *Description and Situation* contemplando *AnnotationPattern* (padrão de anotação), *DecompositionPattern* (padrão de decomposição) e *CollectionPattern* (padrão de coleção). Os seus diagramas de projeto são facilmente memorizáveis pela simplicidade de seus esquemas com poucas classes e relações, o que viabiliza o entendimento do raciocínio de

modelagem empregado nas conceituações. Além disso, os três padrões multimídia atuam sob a semântica especificada no padrão *Information and Realization* que representa a distinção entre objetos de informação e realizações de informação. Assim, anotações, decomposições e coleções podem envolver objetos de informação e realizações de informação.

Além da própria M3O, dentre os modelos de metadados e ontologias pesquisados nessa tese, apenas o modelo FRBR (IFLA, 1998) e a ontologia COMM (ARNDT et al., 2007) consideram a separação de objetos de informação e realizações de informação em suas conceituações. O modelo FRBR promove uma percepção mais abrangente sobre o item bibliográfico, permitindo uma distinção entre o conteúdo (semântica) e a forma física do item (dado). Como tal modelo não foi considerado uma ontologia multimídia, a sua análise se limitou a uma breve revisão de literatura, não sendo possível, nesta ocasião, avaliar as suas potencialidades frente a tais características. Entretanto, Saathoff e Scherp (2010) afirmam que o modelo FRBR é limitado em expressar semanticamente, por exemplo, a separação de um objeto imagem e suas múltiplas realizações (JPEG, GIF, BMP, etc). Já a ontologia multimídia COMM, apesar de contemplar a separação em questão, possui limitações ao se propor anotar as realizações da mídia. Os padrões de anotação e decomposição da COMM encontram-se no nível de objeto de informação, visto que a classe correspondente a dados digitais (que também possui papel de anotação) é uma especialização de objetos de informação, conforme evidenciado na análise em sua estrutura.

Os argumentos acima mencionados reforçam a crença de que a M3O com a sua proposta de descrição multimídia abrangente seja pertinente como ponto central do modelo conceitual de referência aqui proposto quando busca cobrir de forma eficiente os requisitos funcionais especificados em (2), (3) e (4). Torna-se relevante assinalar também que a M3O possui todas as características que asseguram o atendimento aos requisitos não funcionais (discutido na seção 7.4) concernentes a tratamento de diferentes níveis de granularidade; interoperabilidade sintática e semântica; separação de interesses; e extensibilidade. Aliado a isso, a M3O ainda se manteve num nível de qualidade em todos os aspectos considerados favoráveis a reuso de recursos de conhecimento, conforme foi evidenciado na análise comparativa discutida no Capítulo 6. Os argumentos favoráveis às seleções da Media Ontology, da COMM e da M3 são descritos a seguir.

Os recursos de conhecimento concernentes a metadados independentes de conteúdo foram selecionados da Media Ontology pela razão de esta possuir um índice de cobertura de 87.5% para esta categoria em relação a 59.4% da COMM. Além do fator cobertura, a Media Ontology se manteve como a ontologia de qualidade diferenciada em relação às nove analisadas, conforme se comprovou no resultado de *ranking* exibido no Gráfico 11. Tais evidências são aliadas ao fato de esta ontologia advir de um grupo de trabalho W3C (*Media Annotation Working Group*) com pesquisadores membros respeitados na comunidade e preocupados com questões de anotação

semântica de recursos de mídia no paradigma de mundo aberto. A Media Ontology foi construída utilizando padrões de metodologias de engenharia de ontologias e seu propósito de construção foi de definir um conjunto de propriedades de anotação centrais para descrever conteúdo multimídia, juntamente com um conjunto de mapeamentos entre os principais formatos de metadados em uso atualmente, destacando o Dublin Core e o MPEG-7.

Os recursos de conhecimento associados a metadados dependentes de conteúdo foram selecionados de duas ontologias, a COMM e a M3 Multimedia, tendo em vista que as ontologias Media Ontology e M3O não cobrem tal categoria. O propósito da ontologia COMM é fornecer uma conceituação central para descrição multimídia cobrindo de maneira genérica um domínio em específico que lida com conteúdo multimídia. E a M3 tem como objetivo modelar informação multimídia para qualquer tipo de recurso em vários domínios e num contexto multi-idioma. A COMM e a M3 apresentaram índices bem próximos de cobertura visual, isto é, 45.5% e 50%, respectivamente. Entretanto, a COMM foi a escolhida para reuso de descrições visuais pelo seu posicionamento no *ranking* em relação a M3; além de possuir anotações em seus descritores visuais, o que não ocorre na M3; e por fim, a COMM modela os metadados de natureza primitiva exclusivamente em classes de alto nível especializadas dos padrões de projeto multimídia, o que os tornam mais confiáveis em relação a modelagens mais simplificadas. Os recursos de conhecimento relacionados aos metadados de áudio foram selecionados da M3 Multimedia pelo fato de esta ter praticado reuso tanto dos metadados visuais quanto os de áudio da ontologia VDO Boemie, sendo, de antemão, um projeto assistido por conceituadas universidades europeias e renomados centros de pesquisa. Apesar de os descritores de áudio não terem sido representados em suas especificidades (em conformidade à norma ISO MPEG-7), a taxonomia na M3 Multimedia encontra-se modelada para comportar a inclusão de tais descritores.

Os recursos de conhecimento relativos a metadados descritivos de conteúdo foram selecionados de duas ontologias, a M3O e a M3 Multimedia. Os metadados voltados à semântica de conteúdo são geralmente ligados a instâncias de ontologias de domínio cujos rótulos semânticos são organizados na estrutura taxonômica de uma ontologia de fundamentação. Como a M3O foi a escolhida como ponto central para o modelo conceitual de referência, a sua ontologia de fundamentação DUL cumpre o papel de organizar os rótulos semânticos advindos de ontologias de domínios específicos em entidades como evento, objeto, tempo, lugar, etc, e, ainda, tratar de seus relacionamentos. A M3O com seus padrões de projeto multimídia também cumpre o papel de tratar de três situações que envolvem a categoria de metadados descritivos de conteúdo, a saber: i) padrão de decomposição, que trata da mídia decomposta e dos segmentos resultantes; ii) padrão de anotação, que trata dos metadados envolvidos nas anotações dos segmentos; e iii) padrão de coleção, que trata dos metadados relacionados a organização de conteúdo multimídia. Conforme foi

constatado na análise comparativa relatada no capítulo 6, existe uma lacuna relacionada à cobertura de metadados para personalização de conteúdo. A M3 Multimedia foi uma das poucas ontologias que cobriu algumas características voltadas a esta categoria de metadados, especialmente navegação e acesso a conteúdo. E do mesmo modo como ocorreu para os metadados primitivos de áudio, a M3 praticou reuso da VDO Boemie em seus metadados de áudio com características de alto nível. Desse modo, a M3 Multimedia foi a selecionada para cobrir os metadados dessas categorias.

A carência de descrições para personalização de conteúdo evidenciada nas análises de ontologias multimídia demanda uma exploração de metadados dessa natureza com o propósito de enriquecer o contexto do usuário no acesso e no consumo de conteúdo multimídia. Reforçando o que já foi anteriormente mencionado, a ontologia MPEG-7 Rhizomik disponibiliza uma estrutura com todas as descrições MPEG-7 traduzidas para OWL, cobrindo, assim, toda a proposta de personalização de conteúdo. Desse modo, torna-se uma rica fonte de consulta para estudos de alinhamentos ontológicos envolvendo metadados MPEG-7.

7.3 ESPECIFICAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL DE REFERÊNCIA

A presente seção manifesta a especificação do modelo conceitual de referência que, em essência, apresenta-se como uma abstração de uma dada porção da realidade a partir da conceituação de um dado domínio. Guarino (1998) e Guizzardi (2005) caracterizam conceituação como um conjunto de conceitos usado para abstrações acerca do estado das coisas em um dado domínio. No contexto desta tese, conceituações e modelos apresentam-se como uma abstração de uma dada porção da realidade multimídia, cujos conceitos e entidades que os compõem existem somente na mente de uma comunidade que lida com a linguagem correspondente. Com o propósito de materializar o que de concreto existe no modelo mental dessa comunidade, as entidades precisam ser documentadas, comunicadas e analisadas e, para tal, precisam ser capturadas por meio de algum artefato. A representação desse modelo mental ou modelo conceitual é denominada de especificação de modelo, a qual necessita de uma linguagem de modelagem para se tornar um artefato (Guizzardi, 2005). Desse modo, a proposta dessa seção é concretizar a organização semântica de metadados multimídia para a anotação de documentos dessa natureza por meio da especificação de um modelo conceitual baseado em ontologias multimídia. O artefato em si, conforme já mencionado, é uma proposta de continuidade de pesquisa futura na perspectiva de materializar e validar a organização de metadados multimídia por meio de ontologias em ambiente de informação específico.

A especificação do modelo conceitual de referência multimídia foi organizada na seguinte sequência lógica para fins de clareza no entendimento da proposta de modelagem envolvendo o reuso de recursos de conhecimento, a saber: i) explicitação dos papéis dos elementos

ontológicos (classes, relações e axiomas) nos padrões multimídia da M3O; ii) explanação sobre os recursos de conhecimento envolvidos na atividade de reúso de cada ontologia; iii) apresentação do arranjo dos recursos de conhecimento para composição junto ao modelo de referência multimídia; iv) alinhamentos de novos elementos e dos recursos de conhecimento com os conceitos da M3O; e v) apresentação diagramática do modelo e elucidações necessárias à sua interpretação.

- Padrões multimídia e regras de modelagem subjacentes

Os padrões multimídia²⁰⁴ usados na composição do modelo de referência 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 M3O apoiam-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, de decomposição e de coleção multimídia.

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 e GANGEMI, 2008) representa a distinção entre objetos de informação e realizações de informação, conforme explanado na seção 7.1. 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.

O padrão *Data Value* representa valores de dados concretos para uma entidade de modo a reduzir o risco de ambiguidades (SAATHOFF e 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

²⁰⁴ Para a visualização dos diagramas de modelagem dos padrões multimídia da M3O, consultar a seção 5.5.

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*, a estrutura básica subjacente à anotação é sempre a mesma. A semântica envolvendo o conceito anotações 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 baixo nível 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*.

No padrão multimídia *decomposição*, a estrutura básica subjacente à decomposição também é sempre a mesma na medida em que uma situação de decomposição nomeada *DecompositionSituation* satisfaz a descrição de um padrão de decomposição nomeado *DecompositionPattern*. As restrições impostas por este padrão são descritas como se segue. O *DecompositionPattern* define exatamente um *CompositeConcept* (que faz o papel da mídia envolvida na decomposição) e ao menos um *ComponentConcept* (que faz o papel das “partes” da mídia decomposta). Tanto o *CompositeConcept* quanto o *ComponentConcept* classificam exatamente uma *InformationEntity*, que, por sua vez, tem a *DecompositionSituation* como *setting*. Como exemplo, um objeto imagem (*Information object*) que precisaria ser decomposto em segmentos lógicos semanticamente distintos seria classificado em *CompositeRole*, indicando que a

imagem é o “todo” no processo de decomposição. Os objetos de informação segmentados seriam classificados em *ComponentRole*, e ainda poderiam ser endereçados para formatos de arquivos distintos que demandariam anotações dependentes da realização da informação, como, por exemplo, tamanho do arquivo, resolução, localização, etc.

No padrão multimídia *coleção*, a estrutura básica subjacente à coleção também é sempre a mesma na medida em que uma situação de coleção nomeada *CollectionSituation* satisfaz a descrição de um padrão de coleção nomeado *CollectionPattern*. A axiomatização da classe *CollectionPattern* define que existe exatamente um *CollectionConcept* e ao menos um *ElementConcept*. O primeiro conceito classifica exatamente uma coleção de entidades de informação nomeada *InformationEntityCollection* (uma especialização das classes *InformationEntity* e *Collection* da DUL), a qual representa a coleção de entidades de informação com propriedades comuns, funcionando como uma fonte para as entidades adicionadas no esquema. E o segundo conceito classifica no mínimo uma *InformationEntity*, que representa os elementos da coleção. Como exemplo, uma coleção envolvendo um conjunto de imagens relacionadas a um assunto específico poderia ser concebida para fins de compartilhamento numa rede social de mídias.

- Recursos de conhecimento envolvidos no processo de reúso

Os recursos de conhecimento envolvidos na atividade de reúso ou integração nos padrões multimídia acima elucidados são oriundos das ontologias Media Ontology, da COMM e da M3. De acordo com Scherp, Eibing e Saathoff (2012), o entendimento preciso dos recursos de conhecimento é um pré-requisito importante ao processo de integração. As análises profundas dos conceitos e propriedades centrais das ontologias supracitadas foram apresentadas e comparadas nos Capítulos 5 e 6, respectivamente. As estruturas de análises das ontologias multimídia foram alguns dos produtos obtidos na pesquisa e que se mostraram essenciais para a etapa de alinhamentos de recursos de conhecimento para com o modelo. Tais estruturas promoveram o mapeamento de recursos de conhecimento (classes, propriedades, informações sobre a existência de anotações e restrições) de ontologias multimídia alinhadas com os elementos de parâmetro advindos dos padrões de metadados Dublin Core e MPEG-7.

A partir da análise comparativa realizada nas nove ontologias multimídia, pôde-se mapear duas situações distintas de modelagem envolvendo a descrição dos elementos ontológicos, a saber: i) modelagem centrada em propriedades e conceitos; e ii) modelagem baseada em padrões. No primeiro caso, têm-se ontologias especificadas por um conjunto de propriedades, como foram os casos da Media Ontology e da M3 Multimedia (que reusa conceitos da primeira) que representam os elementos ontológicos por meio de propriedades com restrições de domínio e de escopo variando de relações a atributos; além de algumas entidades representadas como conceitos. No segundo caso,

têm-se ontologias que fornecem um alto grau de axiomatização e estruturação em seus elementos a partir de padrões de projeto de conteúdo de ontologias, o que promove maior abstração e entendimento das funcionalidades representadas. A M3O e a COMM são exemplos dessa modalidade em que conceitos e entidades são modelados a partir de classes de alto nível advindas de padrões de projeto multimídia estendidos de padrões fundamentais.

O Quadro 22 resume a forma como as ontologias ora selecionadas se harmonizaram com os requisitos (funcionais e não funcionais) do modelo conceitual proposto. Em sequência, o intervalo dos Quadros 23 a 40 apresenta as estruturas de análises destas ontologias incluindo um mapeamento de características multimídia em suas conceituações. Finalmente, salienta-se que os metadados que não tiveram cobertura nas ontologias envolvidas foram retirados das estruturas de análises. A lista completa de descrições pode ser conferida no Apêndice C da tese.

Quadro 22 - Alinhamentos frente aos requisitos funcionais do modelo de referência

Ontologias selecionadas	Requisitos	Recursos de conhecimento selecionados
M3O	Possuir uma ontologia de fundamentação como referência.	DOLCE+DnS Ultralight (DUL)
M3O	Ser fundamentado em padrões multimídia estendidos de padrões de projeto de ontologias.	Padrões multimídia estendidos do padrão <i>Description and Situation</i> contemplando <i>AnnotationPattern</i> , <i>DecompositionPattern</i> e <i>CollectionPattern</i> .
M3O COMM	Considerar o conteúdo e a realização da mídia em várias modalidades, tais como áudio, imagem, texto e vídeo.	No caso da M3O : padrão <i>Information and Realization</i> . No caso da COMM : classe <i>multimedia-data</i> .
Media Ontology	Cobrir metadados independentes de conteúdo , incluindo informação de criação e produção da mídia; classificação da mídia; informação da mídia; e uso da mídia.	Propriedades de objetos e de dados explicitadas na conceituação, as quais foram mapeadas nas estruturas de análise de metadados independentes de conteúdo exibidas no intervalo dos Quadros 23 a 28.
COMM M3 Multimedia	Cobrir metadados dependentes de conteúdo , incluindo informações visuais e de áudio.	No caso da COMM : classe <i>structured-data-parameter</i> especializada do padrão de anotação multimídia para metadados visuais. No caso da M3 : classe <i>LL_Audio_Descriptor</i> especializada de <i>Audio_Descriptor</i> para metadados de baixo nível para áudio. Os conceitos específicos da COMM encontram-se mapeados nas estruturas de análise de metadados dependentes de conteúdo exibidas no intervalo dos Quadros 29 a 34.
M3O M3 Multimedia	Cobrir metadados descritivos de conteúdo , incluindo informações sobre segmentos multi(mídia); semântica de conteúdo; personalização de conteúdo; e características de alto nível envolvendo áudio.	No caso da M3O : ontologia de alto nível DUL (semântica de conteúdo) e padrões multimídia <i>AnnotationPattern</i> (anotações em segmentos) <i>DecompositionPattern</i> (segmentos) e <i>CollectionPattern</i> (organização de conteúdo). As estruturas de análise da M3O são exibidas no intervalo dos Quadros 35 a 37. No caso da M3 : propriedades envolvendo aspectos de navegação e acesso (personalização de conteúdo); classe <i>HL_Audio_Descriptor</i> especializada de <i>Audio_Descriptor</i> para metadados de áudio com características de alto nível; e descritores comuns para segmentos. Os conceitos específicos encontram-se mapeados nas estruturas de análise exibidas no intervalo dos Quadros 38 a 40.

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 23 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: criação e produção da mídia (a)

Características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	-	MediaResource.identifier (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	-	MediaResource.title (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	-	MediaResource.locator (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	-	MediaResource.Description (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	Agent	MediaResource.hasContributor.hasCreator (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	Agent	MediaResource.hasContributor (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Publisher mpeg7:UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	Agent	MediaResource.hasContributor.hasPublisher (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	-	MediaResource.hasRelatedResource.hasSource (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Relation mpeg7:CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	-	MediaResource.hasRelatedResource (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 24 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: criação e produção da mídia (b)

Características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Coverage mpeg7:CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	Location	MediaResource.hasRelatedLocation (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Data mpeg7:CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date. TimePoint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	-	MediaResource.date (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 25 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: classificação da mídia

Características de classificação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Type mpeg7:CreationInformation.Classification.Genre	Natureza ou gênero do conteúdo da mídia.	-	MediaResource.hasGenre (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Subject mpeg7:CreationInformation.Classification.Subject	Assunto-chave relacionado ao conteúdo da mídia.	-	MediaResource.hasKeyword (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Language mpeg7:CreationInformation.Classification.Language	Idioma relativo ao conteúdo da mídia.	-	MediaResource.hasLanguage (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Target.Age	Classificação etária do conteúdo da mídia.	-	TargetAudience.hasClassification (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.ParentalGuidance	Orientação para os pais frente ao conteúdo da mídia.	TargetAudience	MediaResource.hasTargetAudience		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:CreationInformation.Classification.MediaReview	Avaliação subjetiva para o conteúdo da mídia.	Rating	MediaResource.hasRating		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 26 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: informação da mídia (a)

Características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	MediaResource	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	-	MediaResource.hasFormat (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	-	MediaResource.frameRate (a) MediaResource.frameSizeUnit (a) MediaResource.frameHeight (a) MediaResource.frameWidth (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	-	MediaResource.samplingRate (a) MediaResource.numberOfTracks (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	-	MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	-	MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 27 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: informação da mídia (b)

Características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	-	MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	-	MediaResource.duration (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 28 - Análise Media Ontology para metadados independentes de conteúdo: informação de uso da mídia

Características de uso da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:UsageInformation.Rights.RightsID dc:Rights	Referência a autoridades ou detentores de gestão de direitos e proteção sobre a mídia.	-	hasCopyrightOver (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:UsageInformation.Availability	Informação sobre entrega do conteúdo.	-	MediaResource.hasPolicy (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:UsageInformation.UsageRecord	Informação sobre uso do conteúdo.	-	MediaResource.hasLicense (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 29 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: estruturas visuais básicas

Metadados Visuais: estruturas básicas							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.TemporalInterpolation	Descreve uma interpolação envolvendo valores de variáveis multidimensionais (um objeto posicionado em um vídeo, por exemplo) em um eixo de tempo.	localization-descriptor.temporal-interpolation-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 30 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: cor

Metadados Visuais: cor							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.DominantColor	Usado principalmente para representar características locais (objeto ou região de imagem) relativas a cores dominantes na região de interesse.	color-descriptor.dominant-color-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ScalableColor	Usado como histograma de cores no espaço de cor HSV (<i>hue, saturation, lightness</i> - representações baseadas no modelo de cor RGB – <i>red, green, blue</i>).	color-descriptor.scalable-color-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorLayout	Usado para representar a distribuição espacial da cor de sinais visuais em um formato compactado. Aplicado a qualquer imagem estática ou quadro de vídeo, mesmo com formato e resolução diferentes.	color-descriptor.color-layout-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorStructure	Usado para capturar tanto o conteúdo de cor (semelhante a um histograma de cores) quanto informações sobre a estrutura deste conteúdo (grupos de pixels, por exemplo). Destinado principalmente para descrição e recuperação de imagens estáticas.	color-descriptor.color-structure-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorSpace	Usado para caracterizar os espaços de cor que podem ser usados em descrições visuais.	descriptor.nested-visual-descriptor.color-space-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPColor	Usado como extensão ao descritor <i>ScalableColor</i> na descrição de cor de um segmento de vídeo ou uma coleção de imagens estáticas. O diferencial deste descritor está nos cálculos mais sofisticados envolvendo histograma de cores na captura de traços de cor “menos comum” em um grupo de imagens.	color-descriptor.gof-gop-color-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorQuantization	Usado para definir uma quantização uniforme de um espaço de cor.	descriptor.nested-visual-descriptor.color-quantization-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 31 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: textura

Metadados Visuais: textura							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.HomogeneousTexture	Usado para caracterizar as propriedades da textura em uma imagem (ou região), partindo do princípio que a textura é homogênea. Útil à recuperação por similaridade.	texture-descriptor.homogeneous-texture-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TextureBrowsing	Usado para representar textura homogênea para aplicações do tipo navegação. Este descritor combinado com o descritor HomogeneousTexture fornece uma solução escalável para representação de regiões de textura homogêneas em imagens.	texture-descriptor.texture-browsing-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.EdgeHistogram	Usado para representar a distribuição espacial dos cinco tipos de bordas, sendo quatro bordas direcionadas e uma não direcionada. Tendo em vista que bordas desempenham um papel importante para a percepção da imagem, a sua descrição pode facilitar a recuperação de imagens com significado semântico similar. Útil na descrição de imagens da natureza.	texture-descriptor.edge-histogram-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 32 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: forma

Metadados Visuais: forma							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionShape	Usado para descrever qualquer tipo de forma (um arranjo espacial de <i>pixels</i>) envolvendo uma única região ou um conjunto de regiões de um objeto; além de orifícios ou regiões separadas em um objeto.	shape-descriptor.region-shape-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ContourShape	Usado para especificar um contorno fechado de uma região ou objeto 2D em uma imagem ou sequência de vídeo. O descritor usa a representação <i>Curvature Scale-Space</i> (CSS) que captura características significativas de percepção do sistema visual humano frente a forma.	shape-descriptor.contour-shape-description	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Shape3D	Usado para fornecer uma descrição intrínseca da forma para modelos 3D, considerando alguns atributos locais da superfície da dimensão.	shape-descriptor.shape-3d-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 33 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: localização

Metadados Visuais: localização							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionLocator	Usado para localizar regiões dentro de imagens ou quadros especificando-as com representações breves e escaláveis em caixas ou polígonos.	localization-descriptor.region-locator-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.SpatioTemporalLocator	Usado para descrever regiões espaço-temporais em uma sequência de vídeo, tais como regiões de objetos em movimento. Fornece funcionalidades de localização.	localization-descriptor.spatio-temporal-locator-descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 34 - Análise COMM para metadados dependentes de conteúdo: movimento

Metadados Visuais: movimento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.CameraMotion	Usado para descrever parâmetros de movimento de câmera que podem ser extraídos automaticamente ou generalizados por um dispositivo de captura. Exemplos de operações básicas de câmera: <i>fixed, panning, tracking, tilting, booming, zooming, dollying, and rolling.</i>	motion-descriptor.camera-motion-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionTrajectory	Utilizado para descrever informação de alto nível envolvendo a localização, espaço-temporal, de um ponto representativo de um objeto. Mostra-se útil para recuperação baseada em conteúdo em bancos de dados visuais orientados a objetos.	motion-descriptor.motion-trajectory-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ParametricMotion	Usado para descrever o movimento de objetos em sequências de vídeo como um modelo paramétrico 2D. Tal modelo está associado com objetos arbitrários, definidos como regiões (grupo de pixels) na imagem ao longo de um intervalo de tempo especificado.	motion-descriptor.parametric-motion-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionActivity	Usado para capturar a noção intuitiva de intensidade da ação ou ritmo da ação em um segmento de vídeo, de modo a expressar de forma abrangente e com precisão a atividade de uma determinada sequência de vídeo. Mostra-se útil para aplicações envolvendo navegação rápida, vigilância, sumarização dinâmica de vídeo, consulta baseada em conteúdo, etc.	motion-descriptor.motion-activity-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 35 - Análise M3O para metadados descritivos de conteúdo: semântica de conteúdo (a)

Metadados para semântica de conteúdo: evento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Event	Descreve um evento concreto ou abstrato.	DUL:Entity. Event	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados para semântica de conteúdo: objeto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object	Descreve um objeto concreto ou abstrato.	DUL:Entity. Object	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados para semântica de conteúdo: agente							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object.AgentObject	Descreve pessoa, grupo de pessoas, organização ou objetos personalizados.	DUL:Entity. Agent	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 36 - Análise M3O para metadados descritivos de conteúdo: semântica de conteúdo (b)

Metadados para semântica de conteúdo: lugar							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticPlace	Descreve um lugar num mundo narrativo.	DUL:Entity.Abstract.Region. SpaceRegion	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados para semântica de conteúdo: tempo							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticTime	Descreve um tempo num mundo narrativo.	DUL:Entity.Abstract.Region. TimeInterval	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados para semântica de conteúdo: relações entre noções semânticas							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBag.Graph	Descreve um conjunto de nós, apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações semânticas especificando o relacionamento entre os nós.	-	DUL:hasPart (r) DUL:overlaps (r) DUL:hasConstituent (r) DUL:hasParticipant (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 37 - Análise M3O para metadados descritivos de conteúdo: organização de conteúdo

Metadados para personalização de conteúdo: organização de conteúdo							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:StructuredCollection	Descreve coleções de conteúdo audiovisual ou partes de material audiovisual, tais como segmentos temporais de vídeo.	collection: CollectionPattern	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 38 - Análise M3 para metadados descritivos de conteúdo: navegação e acesso

Metadados para personalização de conteúdo: navegação e acesso							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Summarization	Descreve, por meio de <i>links</i> , múltiplos sumários do mesmo conteúdo audiovisual, fornecendo diferentes níveis de detalhes para características de alto nível envolvendo objetos, eventos, enfim, entidades com noções semânticas.	-	ma-ont:MediaResource.description.M3:summary (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:SequentialSummary	Descreve um sumário composto de uma sequência de imagens ou quadros de vídeos, possivelmente sincronizados com áudio. Pode ser utilizado em apresentações de slides.	-	ma-ont:MediaResource.description.M3:summary (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:HierarchicalSummary	Descreve múltiplos níveis de sumários em segmentos temporais referenciados por videoclipes-chave, áudioclipes-chave, quadros-chave, sons-chave e temas-chave.	-	ma-ont:MediaResource.description.highlight (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:View	Descreve uma visão espacial ou de frequência (de uma banda particular) de um sinal de áudio ou de vídeo, permitindo, por exemplo, visões de baixa resolução, demandas por tipos específicos de terminais ou dispositivos.	Transcodification TranscodificationProcess TranscodificationType	-		Sim	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 39 - Análise M3 para metadados descritivos de conteúdo: conteúdo falado associado a áudio

Metadados para características de alto nível envolvendo áudio: conteúdo falado							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SpokenContentHeader	Descreve informações sobre o reconhecimento de locutores, além do próprio instrumento de reconhecimento.	vdo:Multimedia_Descriptor. Audio_Descriptor. HL_Audio_Descriptor. Spoken_Content_Descriptor. Voice	-		Sim	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Fonte: elaborado pela autora.

Quadro 40 - Análise M3 para metadados descritivos de conteúdo: elementos comuns para segmentos

Metadados para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MediaType	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	-	ma-ont:MediaFragment.startTimeCode (a) ma-ont:MediaFragment.finishTimeCode (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	-	ma-ont:MediaResource.hasContributor. hasCreator (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	MediaFormat	ma-ont:MediaResource.hasFormat (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	MultimediaLicense	ma-ont:MediaResource.hasLicense (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o recurso segmento pode ser acessado.	-	ma-ont:MediaResource.locator (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	-	ma-ont:MediaResource.isRelatedTo (r)		-	Sim	Sim
			Sim	Sim			

Fonte: elaborado pela autora.

- Arranjo dos recursos de conhecimento em grupos coerentes

O arranjo dos recursos de conhecimento provenientes das ontologias Media Ontology, COMM, M3 e M3O foi apoiado pelas estruturas de análises apresentadas no intervalo dos Quadros 23 a 40. As características de metadados ora estruturadas nas matrizes foram originadas especialmente da norma ISO MPEG-7 juntamente com fundamentos teóricos da CI que classificam metadados de acordo com a relação estabelecida com a mídia. As categorias classificam metadados independentes de conteúdo, cujos dados não são concernentes diretamente ao conteúdo da mídia, mas estão associados a esta, como formato, autoria, data, local, etc.; metadados dependentes de conteúdo, cujos dados refletem características consideradas de baixo nível, ou de nível médio, como cor, textura, forma, relações espaciais, movimento e combinações destes; e metadados descritivos de conteúdo, cujos dados referem-se ao conteúdo semântico envolvendo entidades da mídia com entidades do mundo real.

O primeiro arranjo ocorreu para os tipos de mídia e suas realizações envolvidas no contexto de anotação e decomposição multimídia. Baseando-se no requisito funcional (1), o conteúdo multimídia e a sua realização foram agrupados nas classes conceituais nomeadas *Multimedia-content* e *Media-realization*. Tais classes foram então generalizadas para as classes da DUL correspondentes a *Information object* e *Information realization*, respectivamente. A proposição dos tipos de mídia foi embasada na taxonomia da COMM por ser a proposta mais próxima da M3O no que diz respeito a padrões de projeto multimídia. Contudo, novas especializações de mídias podem ser concebidas para aplicações específicas, dada a natureza extensiva do modelo. O Quadro 41 apresenta a proposição de classes para entidades de informação.

Quadro 41 - Proposição de classes de entidades de informação para o modelo

InformationEntity	
Information object	Information realization
Multimedia-content	Media-realization
Audio-content	Audio-realization
Image-content	Image-realization
Text-content	Text-realization
Video-content	Video-realization

Fonte: elaborado pela autora.

Os arranjos seguintes foram endereçados aos recursos de conhecimento envolvendo as ontologias selecionadas para reuso e o padrão de metadados multimídia MPEG-7. As ontologias que apresentaram modelagens baseadas em padrões já possuem agrupamentos formais e coerentes representados em classes conceituais. Foram os casos da M3O e da COMM. Esta última, por exemplo, especifica um *localization-descriptor-parameter* que agrupa os conceitos *region-locator-descriptor-parameter*, *bounding-box* e *region-boundary* correspondentes a metadados para localizações visuais.

As ontologias que apresentaram modelagens centradas em relações e atributos, especialmente a Media Ontology, tiveram suas propriedades agrupadas em classes conceituais. Para tais casos, torna-se necessário a criação de restrições formais para o tratamento dos agrupamentos no sentido de se conhecer os descritores pertencentes a cada categoria de metadados, como, por exemplo, a classe ‘Media Creation’ indicada no Quadro 42 deve possuir algum título, um local de acesso ou uma data.

Quadro 42 - Arranjo e criação de recursos de conhecimento para o modelo (a)

Metadados Independentes de Conteúdo			
Media Ontology			
Categoria de Metadados		Classe na ontologia	Descrição da classe
Criação e produção da mídia		Media_Creation (*)	Descreve características envolvendo a criação do conteúdo da mídia e de recursos a ele associados.
Classificação da mídia		Media_Classification (*)	Descreve características destinadas à classificação da mídia, tais como gênero, assunto, propósito, idioma, dentre outras.
Informação da mídia		Media_Information (*)	Descreve os meios de armazenamento contemplando formato, compressão e codificação do conteúdo.
Uso da mídia		Media_Usage (*)	Descreve características que refletem direitos de uso, registro e disponibilidade de uso da mídia.
Metadados Dependentes de Conteúdo			
COMM			
Categoria de Metadados		Classe na ontologia	Descrição da classe
Visuais		structured-data-parameter.visual-descriptor-parameter	Descreve características visuais primitivas para cor, textura, forma e movimento.
Cor		.color- descriptor-parameter	Descreve vários descritores e parâmetros de apoio na representação de diferentes aspectos de características envolvendo cor.
Textura		.texture-descriptor-parameter	Descreve aspectos importantes na revelação de características tácteis, de profundidade e orientação de superfícies para uma imagem.
Forma		.shape-descriptor-parameter	Descreve características relacionadas a arranjo espacial de pontos (pixels) que pertencem a um objeto ou uma região. Os descritores podem ser agrupados em classes 2D ou 3D.
Movimento		.motion-descriptor-parameter	Descreve características espaciais e temporais capturadas pelo movimento de câmera, objeto em movimento, ou ambos.
Localização		localization-descriptor-parameter	Descreve localização para regiões de interesse em domínios espacial e espaço temporal.
M3			
Categoria de Metadados		Classe na ontologia	Descrição da classe
Áudio		LL_Audio_Descriptor	Descreve descritores de baixo nível envolvendo características espectrais, paramétricas e temporais para descrever sinais e arquivos de áudio.
Base espectral		.Spectral_Basis_Descriptor	Descreve projeções de baixa dimensionalidade de um espaço espectral de alta dimensão para ajudar na compacidade e identificação.
Timbre Espectral		.Spectral_Timbral_Descriptor	Descreve características do timbre relacionadas ao espectro do sinal.
Timbre Temporal		.Temporal_Timbral_Descriptor	Descreve características temporais de segmentos de áudio; úteis especialmente para descrever características do timbre de instrumentos musicais.
Paramétricos de Sinal		.Signal_Parameter_Descriptor	Descreve sinais periódicos ou quase periódicos.
Espectral Básico		.Basic_Spectral_Descriptor	Descreve descritores derivados da análise de frequência do sinal.
Básico		.Basic_Descriptor	Descreve descritores básicos de uso geral e aplicáveis a todos os tipos de sinais.

Fonte: elaborado pela autora.

Os Quadros 42 e 43 apresentam a organização dos recursos de conhecimento em relação aos metadados multimídia trabalhados na pesquisa. Para cada ontologia envolvida no reúso bem como para alguns conceitos advindos do padrão MPEG-7 foram mapeadas (ou criadas) as classes conceituais correspondentes para o modelo conceitual proposto. Salienta-se que o símbolo (*) indica uma nova classe para o modelo.

Quadro 43 - Arranjo e criação de recursos de conhecimento para o modelo (b)

Metadados Descritivos de Conteúdo			
M3			
Categoria de Metadados		Classe na ontologia	Descrição da classe
Elementos comuns para segmentos		Segment_Label (*)	Descreve elementos comuns para anotação de segmentos, tais como aspectos semânticos abstraídos do conteúdo, local de acesso, criador, informação da mídia e licença de uso.
Navegação e acesso		Navigation_Access (*)	Descreve aspectos de características que facilitam a navegação e o acesso a conteúdo multimídia, como, por exemplo, sumários.
Áudio de alto nível		HL_Audio_Descriptor	Descreve canonicamente um som com certo grau de generalidade, incluindo descritores voltados à cobertura de domínios específicos.
Conteúdo falado		.Spoken_Content_Descriptor	Descreve detalhes das palavras faladas dentro de um fluxo de áudio.
M3O			
Categoria de Metadados		Classe na ontologia	Descrição da classe
Organização de conteúdo		CollectionPattern	Descreve características de coleções de entidades de informação com propriedades comuns.
Segmentos de mídia		DecompositionPattern	Descreve a estrutura de conteúdo multimídia em termos de segmentos, tais como quadros, regiões em movimento, regiões estáticas e faixas de áudio.
Semântica de conteúdo		DUL:Entity	Descreve objetos, eventos e noções do mundo real que podem ser abstraídos do conteúdo multimídia.
MPEG-7			
Categoria de Metadados		Classe na ontologia	Descrição da classe
Segmento temporal		Temporal_Segment (*)	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos para conteúdo de mídias específicas, tais como vídeo, áudio, cena, audiovisual e região em movimento.
Segmento espacial		Spatial_Segment (*)	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos para conteúdo de mídias específicas, tais como imagem 2D, imagem 3D e região em movimento.
Segmento espaço-temporal		Spatio_Temporal_Segment (*)	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos para conteúdo de mídias específicas, tais região em movimento e região audiovisual.

Fonte: elaborado pela autora.

- Alinhamentos dos arranjos na M3O

Após a proposição dos arranjos envolvendo os recursos de conhecimento da pesquisa, tornou-se possível estabelecer os alinhamentos dos conceitos selecionados para reúso oriundos da Media Ontology, da COMM e da M3 com os padrões de projeto multimídia da M3O.

Torna-se válido destacar nesse ponto que as propostas de alinhamentos envolvendo especialmente as ontologias COMM e Media ontology com a M3O foram fundamentadas em experiências de integração previamente testadas e validadas pela equipe de desenvolvimento desta última ontologia (SCHERP, EIBING e SAATHOFF, 2012). Desse modo, o confrontamento da

experiência de integração dessas ontologias e das abstrações concernentes às análises profundas realizadas em suas conceituações, asseguraram as decisões de alinhamentos aqui explicitadas. Ressalta-se também que para assegurar a modelagem correta dos conceitos envolvidos no domínio, recomenda-se a participação de especialistas que lidam com arquivos multimídia. Bibliotecários, por exemplo, são especialistas em representação descritiva e temática de recursos bibliográficos e podem contribuir no estabelecimento de acordos sobre metadados específicos para cada entidade de informação envolvida na especificação do modelo. Profissionais especialistas em visão computacional e processamento de imagens e sinais de áudio podem contribuir nas decisões de modelagem concernentes a metadados dependentes de conteúdo, os quais são altamente dependentes de conhecimento técnico e específico de tais áreas, além de algoritmos computacionais subjacentes. Desse modo, o ontologista pode se ocupar, principalmente, com tarefas relacionadas à organização conceitual do domínio e representações formais frente aos compromissos ontológicos pré-acordados junto à comunidade envolvida.

A proposta de integração de conceitos ontológicos foi conduzida manualmente, pois se defende que somente um alinhamento manual assegura a alta qualidade da integração e minimiza ambiguidades e combinações imprecisas. Acredita-se que algoritmos especializados da área de inteligência artificial para realização de integração automática entre ontologias podem ser usados como apoio na extração e no agrupamento de termos. Entretanto, é válido verificar até que ponto os conceitos de outras ontologias podem ser integrados diretamente a ontologia de domínio. Almeida (2006, p.166) enfatiza que “o simples reaproveitamento de conceitos e relações de ontologias diferentes, a partir de uma análise superficial e automática, pode causar resultados inaceitáveis, visto que os escopos e contextos de criação das estruturas originais são, em geral, diferentes”. Scherp, Eibing e Saathoff (2012) acrescentam que o processo de alinhamento manual é uma boa oportunidade para corrigir possíveis ambiguidades descobertas nas decisões de modelagem realizadas nas ontologias a serem integradas. Postas as considerações, a proposição de alinhamentos é descrita a seguir.

Conforme foi anteriormente elucidado, na M3O um *AnnotatedConcept* classifica uma *InformationEntity*, que é o sujeito da anotação. E cada item de metadado é representado por uma *Entity* a qual é classificada por um *AnnotationConcept*. Os alinhamentos se sucederam a partir dessa lógica conceitual que descreve uma entidade de informação (que pode ser um objeto e uma realização da informação) e os metadados que participam do processo de anotação.

Os tipos de mídia envolvendo objetos de informação e realizações de informação (conforme indicado no Quadro 41) foram alinhados com a ontologia de fundamentação da M3O na introdução de subclasses em *DUL:Information object* nomeadas *Multimedia-content*, *Audio-content*, *Image-content*, *Text-content*, *Video-content*; e subclasses em *DUL:Information realization*

nomeadas *Media-realization*, *Audio-realization*, *Image-realization*, *Text-realization* e *Video-realization*. Os Alinhamentos envolvendo os tipos de mídias e entidades de informação podem ser visualizados no diagrama de classes da Figura 79 exibido ao final desta seção.

As classes (oriundas de agrupamentos ou mapeadas das ontologias correspondentes) referentes a metadados multimídia apontadas nos Quadros 42 e 43 foram especializadas na classe *AnnotationConcept* que atribui às entidades de dados o papel de anotação e que especifica a sua interpretação como metadado. Ressalta-se que as classes *CollectionPattern*, *DecompositionPattern*, *Entity* e as classes relacionadas às dimensões espaço temporal para segmentos não fazem parte dessa especialização. Os alinhamentos envolvendo tais classes são discutidos mais adiante.

Os alinhamentos envolvendo a ontologia COMM para os recursos de conhecimento visuais e de localização envolveram a classe *structured-data-parameter* que, de acordo com a anotação explicitada em seu código, contempla parâmetros definidos apenas por descrições de dados estruturados. Tais parâmetros descrevem o significado de partes de dados digitais e são definidos através de uma posição e um valor de amostra. Por exemplo, um pixel de uma imagem RGB é definido por meio de uma coordenada de imagem 2D e um vetor de cor 3D. Uma descrição de um dado estruturado de um pixel, portanto, define dois parâmetros, um chamado de coordenada de pixel e outro chamado de cor do pixel. O primeiro parâmetro receberia valores de um vetor 2D, enquanto o segundo parâmetro receberia valores de um vetor 3D. Tomando como base tal teoria, após o alinhamento, os conceitos visuais e de localização envolvidos na classe *structured-data-parameter* precisariam ser analisados um a um no sentido de se encontrar dependências e referências com objetos de informação pertencentes às classes *structured-data-description* e sua superclasse *digital-data*. Após a execução da análise de dependência conceitual e alinhamentos necessários, a proposta, então, seria remover estas duas classes no intuito de simplificar o modelo proposto.

A ontologia COMM propõe um padrão de dado digital para expressar valores de dados em um domínio digital. Desse modo, utiliza as funcionalidades da classe abstrata da DOLCE nomeada *abstract-region* para endereçar tipos ou valores de dados específicos a um *quality*. Assim, uma instância de um *structured-data-parameter*, de acordo com a sua descrição, sempre classifica um valor em *abstract-region*. Como a COMM e a M3O são baseadas na ontologia de fundamentação DUL, ambas empregam classes com funcionalidade semelhantes, como são os casos de classes advindas do padrão *Digital Data* da COMM e do padrão *Data Value* da M3O. Este último expressa valores de dados por meio de conceitos genéricos de *Quality* e *Region*. Finalmente, a proposta de dados digitais da COMM tem sido alinhada usando a abordagem genérica da M3O e preservando os tipos de dados para cada caso em específico.

Algumas regras e restrições precisam ser concebidas no modelo conceitual proposto para garantir a sua consistência frente ao domínio multimídia. Os alinhamentos inerentes às ontologias que tiveram suas propriedades agrupadas em classes conceituais, como foram os casos da Media Ontology, especialmente, e da M3, em alguns casos, necessitam fornecer informação de agrupamento para a definição de axiomas apropriados no sentido de restringir a participação de indivíduos em determinada classe. Assim, cada propriedade envolvida numa classe proposta deve se tornar um conceito especializado em *AnnotationConcept*. As restrições podem ser modeladas utilizando-se declarações lógicas incluindo quantificadores existencial para indicar a relação com pelo menos um indivíduo, e universal para indicar a relação com todos os indivíduos. Uma restrição poderia ser modelada, por exemplo, para a classe *Media_Creation* declarando que **existe** uma *identificação única* (classe *identification*) e um *local* onde o recurso pode ser acessado (classe *locator*) associados a uma instância da classe de entidades com papéis de criação e produção de mídia. A Figura 80 exibe um exemplo de código representando tal axioma.

Outros tipos de axiomas podem ser criados, por exemplo, para restringir a participação do metadado na anotação de uma entidade de informação, tendo em vista a distinção semântica entre um objeto de informação e uma realização da informação, sujeitos da anotação. No exemplo da Figura 78, o metadado *locator* oriundo da Media Ontology possui o papel de anotar arquivos de mídia que são localizados na Web. Tal atribuição deve somente ser aplicada a uma realização da informação e, portanto, deve ser declarada formalmente na classe de anotação *locator*. Por outro lado, o metadado *description* (também proveniente da Media Ontology) possui o papel de anotar informação de conteúdo da mídia. Assim, esse metadado deve somente ser aplicado em objetos de informação e, portanto, um axioma deve ser criado para a classe de anotação *description* para impor tal restrição. Finalmente, para expressar valores concretos para os metadados, o padrão *Data Value* da M3O pode ser usado na medida em que toda entidade na DUL possui um *Quality* com um *Region* correspondente. Nesse sentido, a especificação de um URI para o metadado *locator*, por exemplo, pode ser modelado por meio das relações ‘*hasQuality*’ (ligado a entidade mídia), ‘*hasRegion*’ (ligado ao conceito *Quality*) e ‘*hasRegionDataValue*’ (ligado ao valor concreto) do padrão.

Figura 78 - Exemplo de restrição para a classe Media_Creation do modelo proposto

```

<owl:Class rdf:ID="Media_Creation">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:someValuesFrom>
        <owl:Class rdf:ID="identifier"/>
      </owl:someValuesFrom>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:resource="&DUL;'has part'"/>
      </owl:Restriction>
    </rdfs:subClassOf>
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty>
        <owl:ObjectProperty rdf:resource="&DUL;'haspart'"/>
      <owl:someValuesFrom>
        <owl:Class rdf:ID="locator"/>
      </owl:someValuesFrom>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>

```

Fonte: elaborado pela autora.

Os alinhamentos envolvendo o padrão *DecompositionPattern* são assegurados pelas classes de tipos de mídia alinhadas com as entidades de informação da DUL, sabendo-se que um *CompositeConcept* faz o papel da mídia envolvida na decomposição e o *ComponentConcept* faz o papel dos segmentos de mídia resultantes da decomposição. Para o primeiro conceito, o emprego de declarações como *owl:disjointWith* para restringir a participação de instâncias de tipos de mídia em classes indevidas torna-se crucial. Por exemplo, um *Audio-content* é disjunto de *Video-content* e de *Image-content*. Já para o segundo caso, as classes propostas para os tipos de segmentos resultantes de um processo de decomposição foram alinhadas como subclasses de *ComponentConcept* nomeadas *TemporalSegment*, *SpatialSegment* e *SpatioTemporalSegment*. Para tais classes, torna-se relevante a modelagem de axiomas para impor restrições sobre os tipos de segmentos que formam decomposições válidas para conteúdos envolvendo uma mídia em específico. Um exemplo seria um segmento correspondente a uma região em movimento (especializado da classe de componente *SpatioTemporalSegment*) ser classificado somente no tipo de mídia vídeo; além de suas localizações serem endereçadas somente às classes de anotação concernentes a metadados de localização visual e de tempo. Nesse sentido, observa-se a participação do padrão de anotação nas anotações dos segmentos resultantes. A classe proposta para classificar entidades com papéis de metadados comuns para segmentos foi nomeada *FragmentLabel*, que pode comportar, inclusive, rótulos semânticos (ou instâncias) advindos de ontologias de domínio numa situação de anotação de conteúdo semântico. Para tais entidades, a ontologia de fundamentação DUL se incube de organizar as suas naturezas semânticas por meio das classes de alto nível, tais como objeto, evento, agente, tempo e lugar.

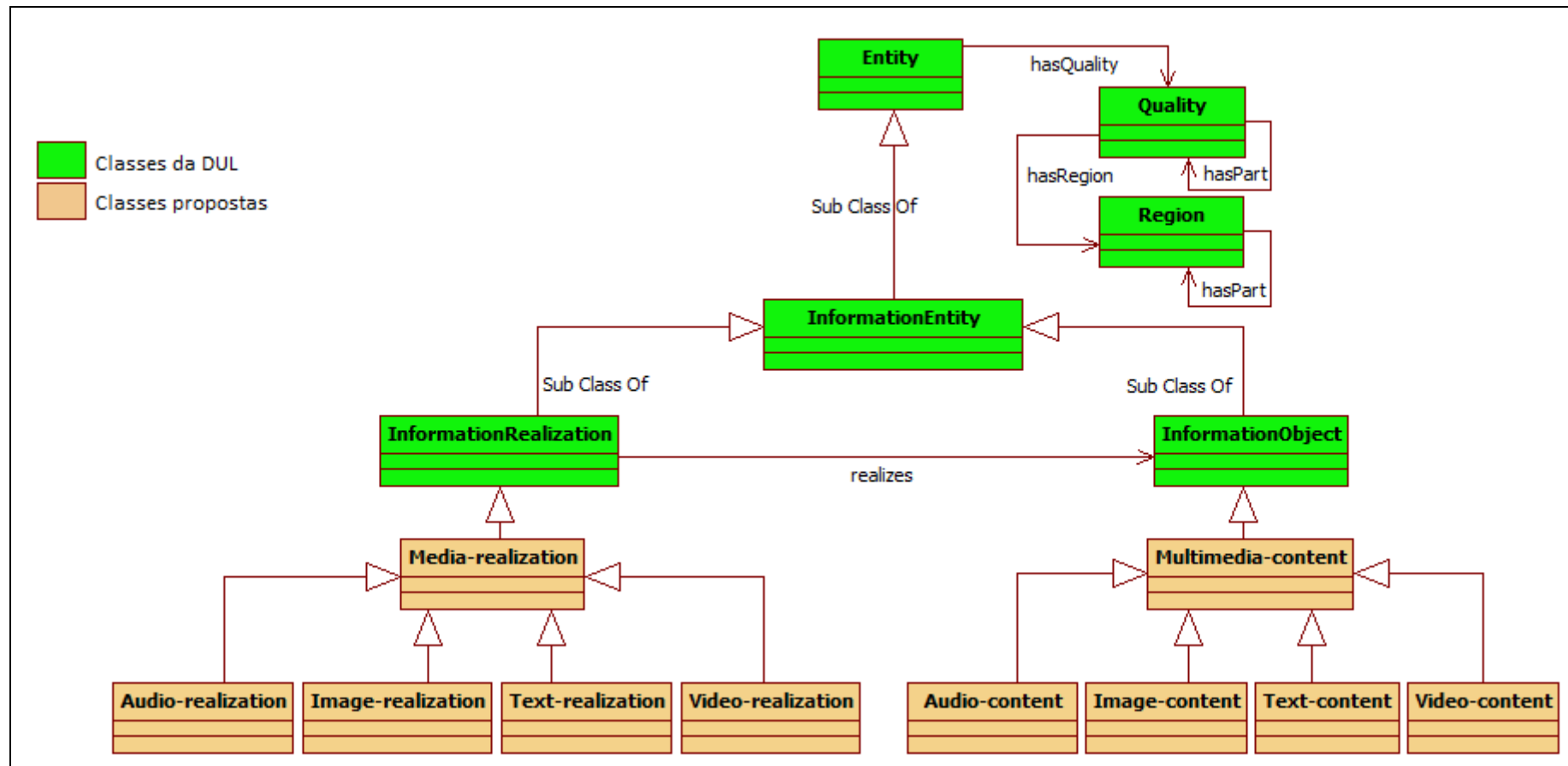
Outros alinhamentos envolvendo metadados dependentes de conteúdo para processamento de sinais de áudio são estabelecidos entre as classes oriundas da M3 Multimedia, conforme formalizado no Quadro 42, e o padrão de anotação. Do mesmo modo, ocorrem para os metadados descritivos de conteúdo para navegação e acesso e aplicações envolvendo descritores auditivos de alto nível, conforme formalizado no Quadro 43. E o padrão multimídia de *coleção* se incube de organizar conteúdo de coleções de entidades de informação a fim de serem anotadas pelo padrão de anotação. Após a finalização dos alinhamentos, recomenda-se as seguintes tarefas baseadas em metodologias de engenharia de ontologias discutidas no decorrer da pesquisa: i) remoção de conceitos desnecessários na conceituação da ontologia resultante a fim de se evitar uma taxonomia extensa e com conceitos ambíguos; ii) documentação clara e precisa de todos os elementos ontológicos constituintes; e iii) validação da taxonomia para verificar a consistência da ontologia resultante.

Finalmente, os diagramas a seguir apresentam a proposta do modelo conceitual de referência endereçado a organização de metadados multimídia. Para fins de melhor visualização e entendimento, o modelo foi segmentado em quatro partes associadas aos padrões de projeto multimídia subjacentes à 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. Entretanto, os detalhes estão dispostos nos recursos de conhecimento selecionados para reuso exibidos no intervalo dos Quadros 23 a 40, além da proposição das classes do modelo exibida nos Quadros 42 e 43.

O diagrama exibido na Figura 79 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 80 apresenta as classes²⁰⁵ 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. O diagrama da Figura 81 apresenta as classes de entidades que participam de uma situação de decomposição, incluindo a entidade de informação que dá entrada no processo de decomposição e as classes de segmentos resultantes, as quais representam características de dimensões espaciais, temporais e espaço temporais desses segmentos. E o diagrama exibido na Figura 82 apresenta o padrão de coleção da M3O selecionado para cobrir o aspecto de organização de conteúdo multimídia requisitado pelo modelo de referência.

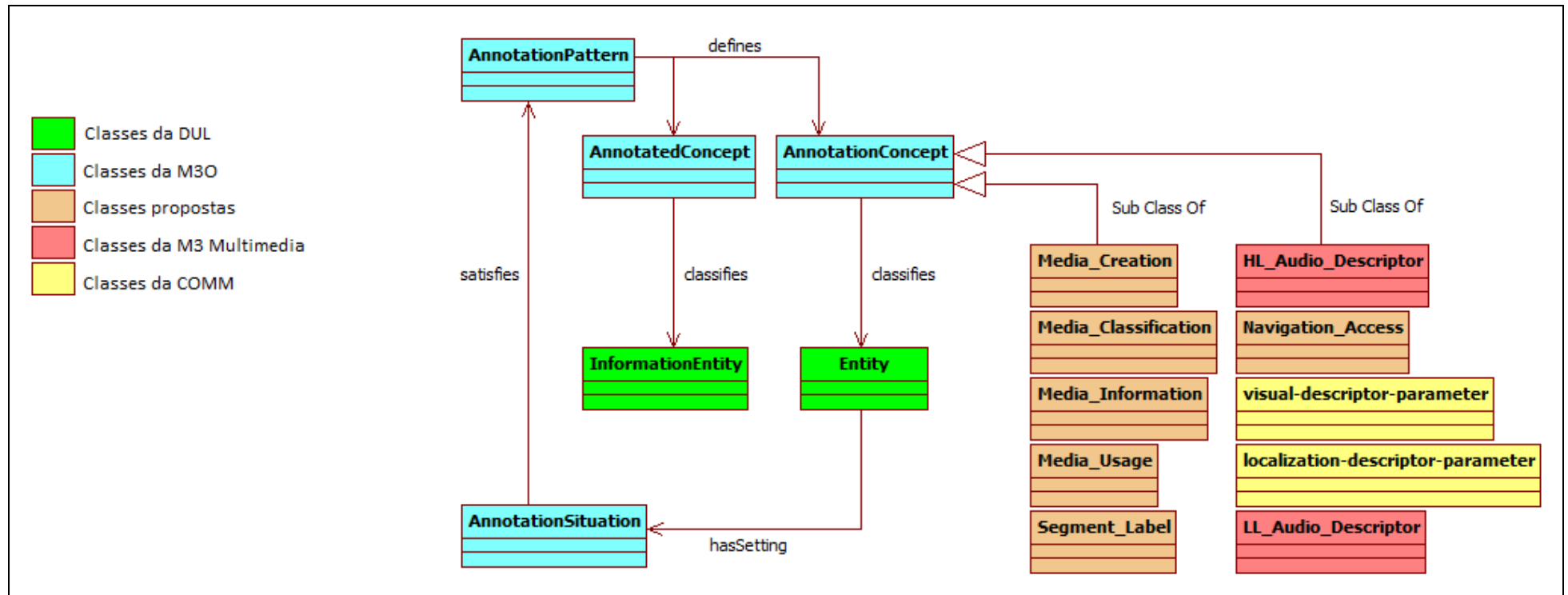
²⁰⁵ Salienta-se que a nomenclatura das classes foi mantida conforme a sua origem ontológica. As classes propostas foram nomeadas seguindo convenções subjacentes a casos de uso pesquisados.

Figura 79 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades centrais



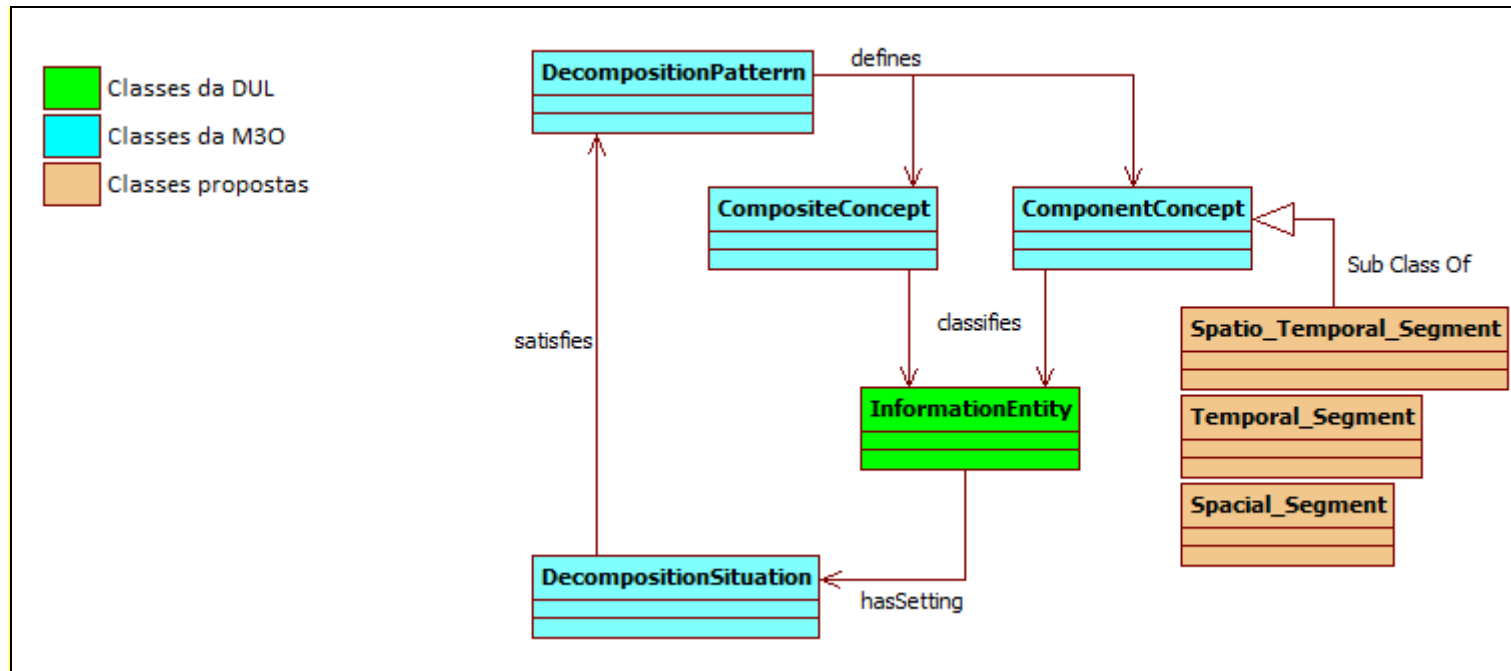
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 80 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades de anotação



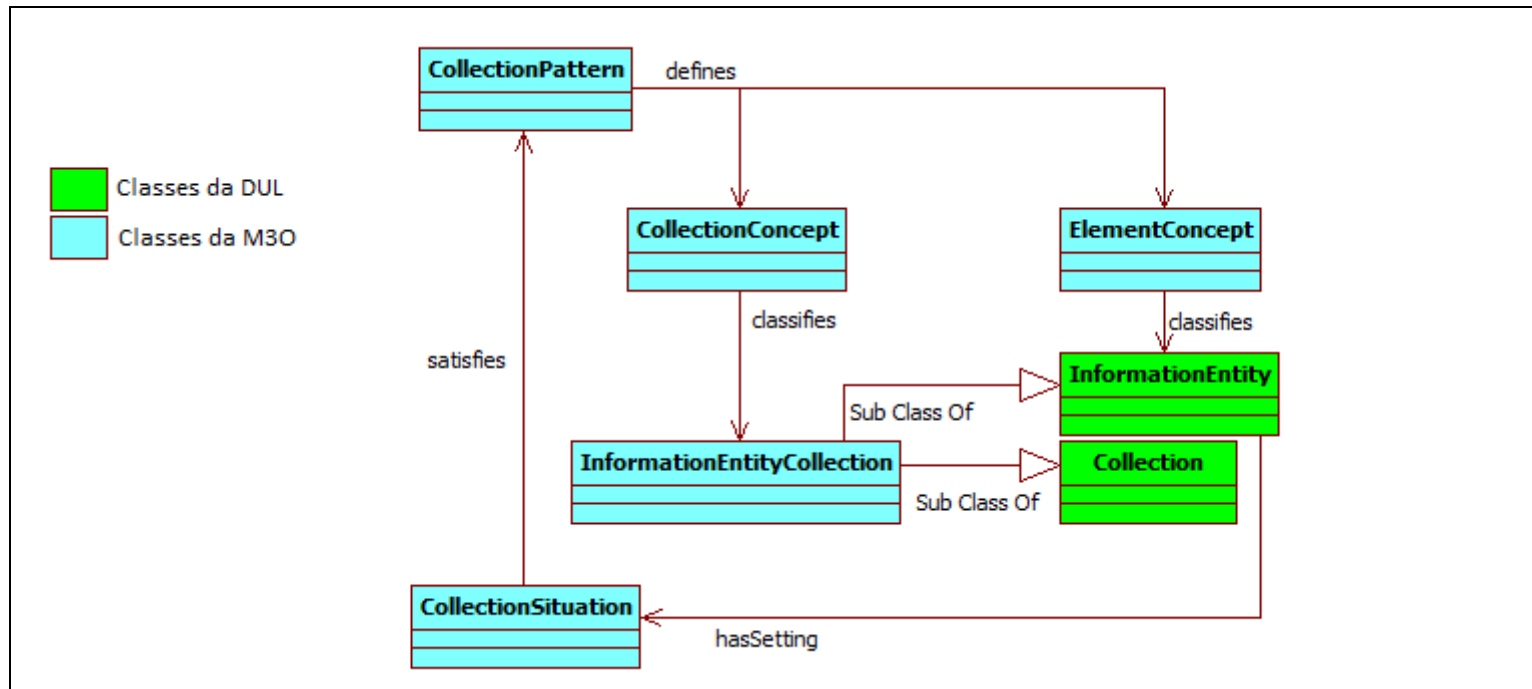
Fonte: elaborado pela autora.

Figura 81 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades de decomposição



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 82 - Modelo conceitual de referência multimídia em notação UML: classes de entidades de coleção



Fonte: elaborado pela autora.

7.4 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O MODELO DE REFERÊNCIA

A proposta do modelo conceitual de referência 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 multimídia 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.

As classes *Media_Creation*, *Media_Classification*, *Media_Information* e *Media_Usage* 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 nível para variados domínios que necessitam desta distinção semântica para representação e recuperação de recursos de informação, como é o caso, por exemplo, do universo bibliográfico.

As classes *visual-descriptor-parameter*, *localization-descriptor-parameter* e *LL_Audio_Descriptor* se propõem a organizar formalmente, e em sequência, metadados de baixo nível 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, visto que apenas uma taxonomia sem tratamento formal para os descritores subjacentes foi reusada da M3 Multimedia para o modelo de referência.

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 alto nível, incluindo descritor para tratamento de conteúdo falado. As classes relacionadas aos padrões multimídia *CollectionPattern* e *DecompositionPattern* (*Spatio_Temporal_Segment*, *Temporal_Segment* e *Spatial_Segment*) promovem, respectivamente, a organização de coleções multimídia e de segmentos de mídia para fins de anotação por meio das classes de metadados acima mencionados.

Os requisitos não funcionais propostos para o modelo de referência se cumpriram na medida em que se praticou reúso 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 reúso, 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”²⁰⁶. 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.

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. Nesse sentido, o modelo foi proposto prevendo-se a inclusão de novos conceitos provenientes de domínios e áreas específicas que lidam com arquivos multimídia. A extensibilidade da conceituação do modelo é garantida pela existência de metacategorias fundamentais na taxonomia, o que assegura a evolução da proposta.

²⁰⁶ “[...] the first step of alignment is an in-depth analysis of the structure and core concepts and properties of the model at hand. While this advice may seem obvious, this is a task easily underestimated and problems neglected at an early stage can cause time-consuming problems along the integration process.”

8- CONCLUSÕES DA TESE

Os resultados alcançados com a pesquisa de tese refletem inúmeras contribuições ao campo da ciência da informação, especialmente para a área de organização e representação do conhecimento, quando se propõe um modelo conceitual de referência para a organização semântica de tipologias de metadados endereçadas à descrição de conteúdo multimídia. Conforme foi evidenciado no decorrer da pesquisa, existem problemas significativos no tocante a metadados textuais, especificamente no contexto multimídia, principalmente pela convergência de processos de informação na Web (OSSENBRUGGEN, NACK e HARDMAN, 2004). Alguns desses problemas são destacados na sequência a fim de se perceber as contribuições científicas dessa pesquisa de tese para os campos da CI, especialmente, e campos correlatos, como a CC.

- *Custo*: produção de metadados de alta qualidade é uma atividade dispendiosa e consome tempo. Apesar de uma grande parte de metadados ser obtida por meio de processamento de linguagem natural e extração automática de características de baixo nível, muitas aplicações dependem de anotações de alto nível, o que requer trabalho humano e, sendo assim, este deve ser realizado corretamente já num primeiro momento.
- *Subjetividade*: anotações realizadas por humanos também levam a resultados altamente subjetivos, mesmo sendo apoiadas por alguma ferramenta. Anotadores geralmente têm visões específicas acerca do conteúdo e do contexto em que é usado.
- *Restritividade*: um esquema de metadados altamente formalizado contribui na legibilidade da informação pela máquina. Entretanto, para usuários humanos esse formato é geralmente restritivo. Por outro lado, um esquema menos restritivo (como campo em texto livre) proporciona, geralmente, uma terminologia subjetiva, inconsistente e pouco aproveitada pela máquina.
- *Longevidade*: documentos eletrônicos geralmente enfrentam problemas de longevidade. O mesmo se pode afirmar de suas anotações. Um esquema de anotação projetado para fins específicos dentro de um domínio e suficientemente genérico entre domínios é uma tarefa difícil. Tal esquema requer uma ferramenta flexível para apoiar extensões, modificações, gerenciamento de versões, dentre outros.
- *Privacidade*: metadados podem prover informações privadas ou sigilosas, o que requer cuidado especial. Podem-se citar anotações de documentos médicos com

informações sobre o paciente, ou reproduções digitais de trabalhos de arte anotados com atributos seguros do original.

- *Padronização*: ferramentas usadas por anotadores geralmente se diferenciam das usadas por usuários finais. No que diz respeito à interoperabilidade, há necessidade de padronização tanto no nível de sintaxe quanto no nível semântico. O primeiro caso garante que uma ferramenta consiga analisar formatos de outras; e o segundo certifica que por meio de inferências automáticas, ferramentas podem descobrir a quais conceitos compartilhados um grupo de termos se refere.

Um problema comumente verificado nas instituições que fazem uso de acervos das mais variadas naturezas (fotografias, cartas, desenhos, periódicos, entrevistas em áudio e vídeo, gravações de rádio, de vídeo, dentre outros) está no tratamento integrado das bases de dados heterogêneas e na ausência de padronização nos formatos de descrição. A descrição de inúmeros itens geralmente é realizada de maneira independente, com padrões idiossincráticos de descrição, ressaltando diferentes características a serem descritas e diferentes terminologias para descrevê-las. Tal prática culmina em situações problemáticas para os sistemas de recuperação da informação como, por exemplo: i) busca feita por palavras isoladas e descontextualizadas, o que dificulta maior visibilidade do acervo sob a ótica dos usuários e, conseqüentemente, dos mecanismos de busca; ii) falta de contexto nos itens midiáticos descritos (por exemplo, como fotos e vídeos se relacionam com o texto?); iii) ambigüidade conceitual (de qual conceito precisamente está se falando?); e iv) pouca relevância para o recurso recuperado.

Percebe-se a partir dos desafios mencionados acima que metadado como produto e processo exige peculiaridades afins. Conforme assinalam Siqueira e Silva (2011), apesar do conceito abrangente e comumente empregado para metadado, a saber, “dado sobre dado”, os usos, as sintaxes e as apropriações são diferentes em escala, complexidade e custo. Desse modo, a questão central pode ser posta da seguinte forma: como indexar, catalogar e recuperar eficazmente conteúdos multimídia para as inúmeras tipologias de metadados existentes a variadas necessidades e conjunturas. Os resultados de pesquisa desta tese, especialmente o modelo conceitual de referência multimídia proposto, conseguem contribuir na perspectiva de possíveis soluções para o tratamento dos variados tipos de metadados existentes para descrição de acervos com conteúdo multimídia, conforme pode ser conferido nas ponderações que se seguem.

Os princípios teóricos e metodológicos empregados no decorrer de toda a pesquisa se sustentam num arcabouço interdisciplinar envolvendo o próprio campo da CI em conjunto com outros que corroboram efetivamente para a sua evolução. São os casos da inteligência artificial, sistemas de informação, engenharia de software, lógica, psicologia cognitiva, filosofia e sociologia

que dão condições necessárias à criação de abstrações da realidade e estruturas inteligentes capazes de definir e organizar formalmente as entidades que desempenham variados papéis em domínios de conhecimento específicos. O modelo conceitual de referência multimídia foi concebido a partir de tais princípios interdisciplinares quando empregou em sua estrutura central uma ontologia conceitualista baseada em aspectos cognitivos, filosóficos e linguísticos, a DOLCE+DnS Ultralight (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; PRESUTTI e GANGEMI, 2008; GANGEMI e 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 anotação, segmentação e coleção. 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 estrutura taxonômica do modelo proposto baseada em uma ontologia de fundamentação e padrões de projeto multimídia propicia o encontro da resposta ou solução a uma das questões de pesquisa da tese, a saber, *como expressar a estrutura conceitual subjacente à descrição da realidade documental de tipo multimídia*.

Outra característica relevante na estrutura do modelo conceitual de referência multimídia e que permite considerações interdisciplinares é o aspecto de evolução dos metadados às anotações semânticas. Conforme se percebeu no percurso da pesquisa, o uso de metadados é uma prática antiga na área de biblioteconomia (TAYLOR, 2004; BODOFF, HUNG e BEN-MENACHEM, 2005; ABBAS, 2010) no processo de catalogação e indexação de recursos bibliográficos, especialmente com a adoção de padrões como o MARC e o Dublin Core, além de modelos conceituais para auxiliar a organização de metadados dessa natureza como o FRBR (IFLA, 1998). Entretanto, a necessidade de inclusão de metadados para além de recursos bibliográficos, isto é, metadados endereçados a descrição de conteúdo multimídia, especialmente na Web, viabilizou o esforço conjunto entre comunidades e entidades normativas interessadas em fornecer um *framework* comum de metadados para aplicações de mídias inteligentes. São os casos do W3C e da ISO que buscam soluções inteligentes para descrição de conteúdo multimídia processável por máquina e baseada em semântica por meio da Web Semântica e da Interface de Descrição de Conteúdo Multimídia, conhecida como MPEG-7. Contudo, observaram-se diferenças pontuais nas propostas dos *frameworks* envolvidos no que diz respeito à descrição de conteúdo multimídia.

A norma ISO MPEG-7 empreendeu esforços na proposição de uma interface comum para descrever material multimídia, refletindo informação sobre o conteúdo. Conforme se percebeu na pesquisa, 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*. Tal característica pode acarretar um desacordo entre a informação que pode ser extraída do dado e a interpretação que o usuário faz numa dada situação envolvendo o mesmo dado, conhecida como *gap* semântico (SUÁREZ-FIGUEROA, ATEMEZING e CORCHO, 2013). 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 multimídia baseadas em RDF/OWL e no padrão MPEG-7, conforme foi evidenciado no Capítulo 5 da tese.

A comparação de várias propostas de ontologias multimídia frente a padrões de metadados ISO como o MPEG-7 e o Dublin Core (descrita no Capítulo 6) 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 um propósito comum entre as propostas de ontologias pesquisadas.

O *ranking* de ontologias multimídia candidatas a reuso, produto da análise comparativa, evidenciou as ontologias mais proeminentes para o domínio da descrição de conteúdo multimídia, a saber, e nesta ordem: Media Ontology, COMM, M3O e M3 Multimedia. 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 de referência multimídia, apresentado no Capítulo 7.

A agregação de propostas representativas envolvendo ontologias multimídia ao modelo conceitual de referência foi o grande diferencial da tese em relação às levantadas no estudo do estado da arte (apresentado no Capítulo 2) e as estudadas na pesquisa. Geralmente, as propostas ou focam em aspectos mais genéricos envolvendo padrões multimídia como anotação e segmentação, mas sem contemplar tipologias específicas de metadados para descrição multimídia; ou oferecem descritores específicos para algumas categorias de metadados, mas sem raciocínios de modelagem pertinentes que possam assegurar, por exemplo, a extensibilidade da conceituação. Por fim, o modelo proposto se destaca como uma solução abrangente para representação multimídia por ter sido concebido a partir de uma avaliação metódica, bem fundamentada e criteriosa realizada em ontologias multimídia, o que promoveu as condições necessárias para a seleção e o reuso de recursos de conhecimento apropriados ao domínio. Tal constatação aliada à solução da primeira

questão de pesquisa da tese permite responder à segunda questão de se saber *qual a estratégia para selecionar e alinhar eficientemente vocabulários e ontologias multimídia concebidos por comunidades distintas de modo a cobrir satisfatoriamente aspectos ontológicos da realidade documental de tipo multimídia*.

A terceira e última questão da tese de se saber *como organizar sistematicamente as tipologias de metadados existentes para descrição de conteúdo multimídia frente a variados contextos e necessidades* foi solucionada pela cobertura dos requisitos funcionais estabelecidos na pesquisa envolvendo as categorias de metadados independentes de conteúdo, dependentes de conteúdo e descritivos de conteúdo. A primeira categoria foi organizada e endereçada a metadados relacionados à gestão da mídia, incluindo produção, classificação, gestão de direitos a uso e informações técnicas, os quais podem ser aplicados na realização da mídia e no conteúdo desta. A segunda categoria foi organizada e endereçada a metadados de baixo nível para aspectos visuais, de localização de regiões espaciais, temporais e espaço temporais no conteúdo da mídia, além de aspectos envolvendo processamento de sinais de áudio. E a terceira categoria foi organizada e endereçada a metadados para segmentos de mídia, anotação de conteúdo semântico, navegação e acesso por meio de sumários de conteúdo de mídia e características de áudio de alto nível, incluindo descritor para tratamento de conteúdo falado.

Finalmente, as classes para a organização semântica das categorias de metadados e os relacionamentos ontológicos fundamentais propostos em diagramas (exibidos no intervalo das Figuras 79 a 82) facilmente memorizáveis pela simplicidade de seus esquemas promoveram uma arquitetura abrangente para a organização semântica de metadados multimídia endereçados principalmente a aplicações que lidam com recursos de informação na Web, cumprindo, assim, o objetivo geral da pesquisa de tese.

9- PESQUISAS FUTURAS

O último capítulo da tese é dedicado a considerações relacionadas à continuidade de pesquisas envolvendo o modelo conceitual de referência multimídia proposto. A evolução do modelo está prevista em pesquisas futuras nas quais se pretende experimentá-lo em ambiente de informação específico. Conforme foi destacado na especificação de requisitos do modelo, a sua aplicabilidade pode ser endereçada a unidades de informação como arquivos, bibliotecas, museus, centros de documentação e projetos de memória, cujos usuários consomem, interpretam, manipulam e geram conteúdos multimídia em acervos digitais.

O Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil (CPDOC) da Fundação Getúlio Vargas é um ambiente de informação que começou a ser estudado pela autora da tese com o intuito de se construir ontologias para a organização de seus arcevos históricos multimodais. O Centro é dedicado ao estudo e à preservação da memória do país e, atualmente, abriga o mais importante acervo de arquivos pessoais de homens públicos no Brasil (em manuscritos, impressos, fotografias, áudios e vídeos) organizado em sistemas de informação com características próprias. Uma parte significativa dos conjuntos documentais do CPDOC encontra-se em formato digital e disponível para consulta *online*. Apesar de poderem ser acessados através do mesmo portal, possuem interfaces e processos de descrição e publicização distintos. São cerca de: 1,2 milhão de documentos manuscritos e impressos (ou 5.1 milhões de páginas); 80 mil fotografias; 6 mil horas de entrevistas em áudio e vídeo; e 8 mil verbetes de natureza biográfica e temática.

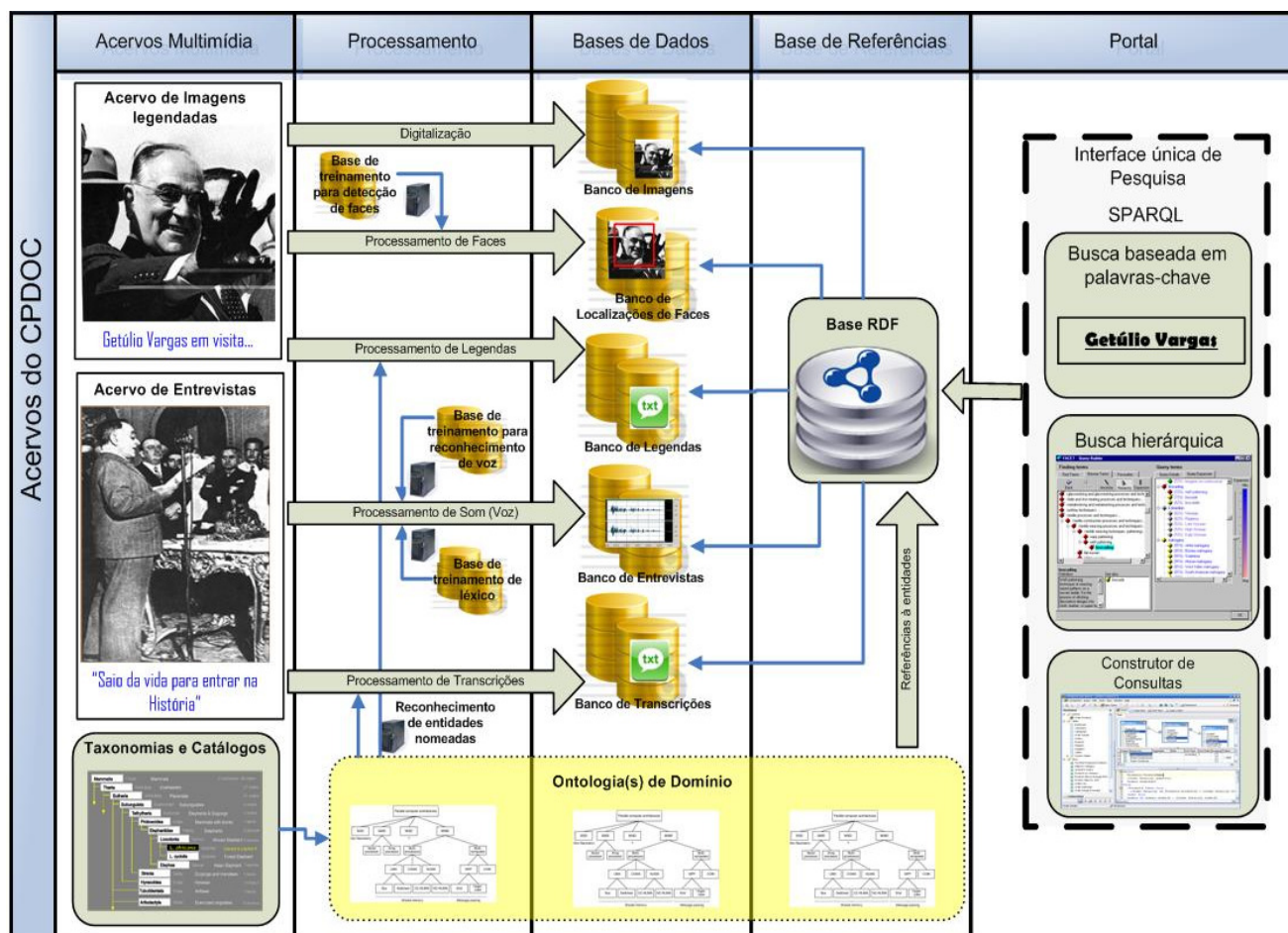
O CPDOC conta hoje com um projeto de integração de dados de seus sistemas de informação visando à criação de um portal semântico com interface única para buscas temáticas transversais e integradas. Foi engendrado para promover uma maior integração das bases de dados internas com as externas, como a própria Wikipédia, com benefícios no sentido de aumento da publicização e estruturação de redes sociais de colaboração para contribuições e eventuais correções para o acervo. O projeto prevê a criação de ontologias para descrição de recursos multimídia (áudio, vídeo, imagem, texto) e ontologias no domínio de história contemporânea.

A proposta de pesquisa futura é, então, implementar uma ontologia para descrição de conteúdo multimídia orientada pelo modelo de referência proposto na tese, buscando integrar semanticamente as bases de dados do CPDOC e, conseqüentemente, ligá-las ao conjunto de dados pertencentes à Web de dados.

Almeja-se em trabalhos futuros que a estrutura central do modelo conceitual de referência seja constituída (por completo) de uma ontologia de fundamentação com metacategorias envolvendo eventos, objetos, tempo, espaço, dentre outras categorias de alto nível. A estrutura fundamental viabilizaria a integração e a organização semântica de conteúdos advindos de

ontologias no domínio da história contemporânea com os elementos da ontologia multimídia do CPDOC. Tais elementos, como já se sabe, são organizados em classes e relacionamentos ontológicos baseados em padrões de projeto de conteúdo de ontologias que promovem a organização genérica de entidades associadas a conteúdo multimídia, como anotação, segmentação e coleção. Assim, as entidades envolvidas nos acervos multimídia do CPDOC, conforme podem ser visualizadas na Figura 83, podem ser anotadas pelas tipologias de metadados contemplados no modelo de referência.

Figura 83 - Esquema do portal semântico do CPDOC



Fonte: Souza et al., (2012)

De acordo com o esquema ilustrado na Figura 83, as entidades de informação como imagens legendadas, entrevistas em áudio, manuscritos e impressos (que seriam organizadas na classe *InformationEntity* do modelo de referência) passam por um processo de digitalização e processamento específico envolvendo segmentação de imagens, conteúdo falado e textos (legendas, manuscritos e impressos). Os algoritmos envolvidos na situação de processamento podem ser orientados pelas entidades com papéis de anotação (que seriam organizadas na classe *AnnotationConcept* do modelo de referência) representadas por metadados para aspectos visuais, de localização de regiões espaço temporais no conteúdo da mídia, de áudio (incluindo descritor para tratamento de conteúdo falado), além de aspectos semânticos de conteúdo que envolvem a

integração com ontologias de domínio específico. Os resultados do tratamento semântico e processamento digital multimídia seriam então endereçados a bases de dados específicas que, por sua vez, seriam migradas (com todo o acervo atual) para uma base de referências em formato RDF *triplestore*, promovendo, assim, a unificação dos padrões de descrição entre todos os fundos e sistemas. Finalmente, a estrutura de integração dos sistemas de informação do CPDOC, viabilizada por uma ontologia abrangente para descrição de conteúdo multimídia, poderia oferecer uma interface única para buscas temáticas transversais e integradas, utilizando-se de categorias fundamentais de conceitos relativos ao domínio da História Contemporânea Brasileira em uma perspectiva multimidiática. Por exemplo, uma busca por uma narração sonora explicando o evento histórico “a carta-testamento de Getúlio Vargas”; ou por uma cena exibindo uma entrevista com o ex-presidente Juscelino Kubitschek em sua cidade natal, Diamantina; ou todas as imagens ou quadros de vídeo que têm Getúlio Vargas de pé fazendo um discurso.

A validação do modelo conceitual de referência multimídia seria então testado e validado em campo por meio de ontologias de domínio implementadas para o contexto do CPDOC. O mapeamento das situações problemáticas envolvidas no estudo de caso poderia servir para as proposições de pesquisas futuras associadas a:

- Estudos comparativos envolvendo ontologias de fundamentação e suas teorias subjacentes no sentido de selecionar a mais adequada para modelagem multimídia.
- Estudos de proposição de novos padrões de projeto multimídia a partir de uma necessidade contextual visualizada com a experiência empírica.
- Estudos de integração de acervos multimídia com o paradigma *Linked Open Data*.

Esse trabalho inaugura uma profícua linha de pesquisa, a qual a autora pretende dedicar-se nos próximos anos.

REFERÊNCIAS

- ABADAL, E.; CODINA Lluís. *Bases de datos documentales: características, funciones y método*. Madrid: Síntesis, 2005.
- 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.l.], v. 4, n. 3, p. 24-33, July/Sept. 1997
- ALLEMANG, D.; HENDLER, J. *Semantic web for the working ontologist: modeling in RDF, RDFS and OWL*. MA, USA: Elsevier, 2008.
- ALMEIDA, M. B. *Um modelo baseado em ontologias para representação da memória organizacional*. 2006. 341 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.
- ALMEIDA, M. B. Revisiting ontologies: a necessary clarification. *Journal of the American Society of Information Science and Technology*, [S.l.], v. 64, n. 8., p. 1682-1693, 2013.
- ALMEIDA, M. B.; BAX, M. P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 32, n. 3, p. 7-20, set./dez. 2003.
- ALMEIDA, M. B.; SOUZA, R. R. Avaliação do espectro semântico de instrumentos para organização da informação. *Enc.Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf.*, Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 25-50, 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2011v16n31p25/19441>>. Acesso em: 23 jun. 2012
- ALVARENGA, Lídia. Representação do conhecimento da perspectiva da Ciência da Informação em tempo e espaço digitais. *Enc. Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf.*, Florianópolis, v. 8, n. 15, p. 18-40, 2003. Disponível em: <<http://periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/1518-2924.2003v8n15p18/5233>>. Acesso em: 20 jun. 2011.
- ALVARENGA, Lídia; SILVA, Daniela L. da. Organização e representação do conhecimento na Ciência da Informação: revisão da literatura. *Tendências Pesq. Bras. Ci. Inf.*, Brasília, v. 3, n. 1, p. 47-84, jan./dez. 2010.
- ANDRADE, Nelson S. de; ARAUJO, Arnaldo de A. *Multimídia para acesso a acervos históricos*. 2000. Disponível em: <<http://www.lbd.dcc.ufmg.br/bdbcomp/servlet/Trabalho?id=4955>>. Acesso em: 10 nov. 2013.
- ANSI/NISO Z39.19-2005 (R2010). *Guidelines for the construction, format, and management of monolingual controlled vocabularies*. Baltimore: NISO Press, 2005. 184 p. Disponível em: <http://www.niso.org/apps/group_public/download.php/12591/z39-19-2005r2010.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2014.
- ANTONIOU, G. OWL: web ontology language. In: ANTONIOU, G.; VAN HARMELEN, F. (Ed.). *A semantic web primer*. Cambridge: MIT, 2004. p. 109-150.
- ARNDT, R. et.al. COMM: designing a well-founded multimedia ontology for the web. In: INTERNATIONAL SEMANTIC WEB CONFERENCE, 6th, 2007, Budsan. *Proceedings...* Disponível em: <http://data.semanticweb.org/pdfs/iswc-aswc/2007/ISWC2007_RT_Arndt.pdf>. Acesso em: 2 out. 2011.

- ARNDT, R. et al. *COMM: a core ontology for multimedia annotation*. 2009. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.154.5510>>. Acesso em: 2 out. 2013.
- ATEMEZING, Ghislain Auguste. *Analyzing and ranking multimedia ontologies for their reuse*. 2011. Tesis (Master) - Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2011.
- BAADER, F. et al. *Terminological knowledge representation: a proposal for a terminological logic*. 1992. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.41.8116>>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- BAADER, F.; HORROCKS, I.; SATTler, U. Description logics as ontology languages for the semantic web. In: STAAB, S.; STUDER, R. (Ed.) *Lecture notes in artificial intelligence*. Berlin: Springer Verlag, 2003. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.14.3331>>. Acesso em: 1 fev. 2008.
- BAEZA-YATES, Ricardo; RIBEIRO-NETO, Berthier. *Modern information retrieval*. 1st ed. New York: Addison Wesley, 1999.
- BAIRON, S. *Interdisciplinaridade: educação, história da cultura e hipermídia*. 1. ed. São Paulo: Futura, 2002. 172 p.
- BARBOSA, Alice Príncipe. Classificações facetadas. *Ciência da Informação*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 73-81, 1972.
- BARBIERI, Carlos. *Bi-Business intelligence: modelagem e tecnologia*. Editora: Rio de Janeiro: Axcel Book, 2001. 424 p.
- BARDIN, Laurence. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 1977.
- BARITE, Mario Guido. The notion of “category”: Its implications in subject analysis and in the construction and evaluation of indexing language. *Knowledge Organization*, [S.l.], v. 27, n. 1/2, p. 4-10, 2000.
- BARRETO, Aldo de Albuquerque. Transferência da Informação para o conhecimento. In: AQUINO, Mirian de Albuquerque (Org). *O campo da ciência da informação: gênese, conexões e especificidades*. João Pessoa: Editora Universitária, 2002.
- 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.
- BECHHOFFER, Sean; HORROCKS, Ian; PATEL-SCHNEIDER, Peter F. *Tutorial on OWL*. 2003. Disponível em: <<http://www.cs.man.ac.uk/~horrocks/ISWC2003/Tutorial/>>. Acesso em: 19 set. 2013.
- BENJAMINS, V. Richard et al. Semantic technology adoption: a business perspective. In: DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James (Ed.). *Handbook of semantic web technologies*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2011. cap. 15, p. 621-657.
- BEKIARI, Chryssoula; DOERR, Martin; LE BOEUF, Patrick (Ed.). *FRBR object-oriented definition and mapping to FRBRER (version 0.9 draft)*. 2008. International Working Group on FRBR and CIDOC CRM Harmonisation. Disponível em: <http://www.cidoc-crm.org/docs/frbr_oo/frbr_docs/FRBR_oo_V0.9.pdf>. Acesso em: 28 ago. 2013.
- BERNERS-LEE, Tim. Linked Data. In: BERNERS-LEE, Tim. *Design Issues*. 2006. Disponível em: <<http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>>. Acesso em: 20 set. 2013.
- BERNERS-LEE, T; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. *Scientific American*, [S.l.], 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.l.], v. 5, n. 3, p. 1-22, 2009.
- BLOEHDORN, Stephan et al. Semantic annotation of images and videos for multimedia analysis. In: EUROPEAN SEMANTIC WEB CONFERENCE, 2nd, 2005, Heraklion. *Proceedings...* Heraklion: [s.n.], 2005.
- BODOFF, D.; HUNG, P.C.K.; BEN-MENACHEM, M. Web metadata standards: observations and prescriptions. *IEEE Software*, [S.l.], v. 22, n. 1, p. 78-85. Jan./Feb. 2005.
- BONTCHEVA, Kalina; CUNNINGHAM, Hamish. Semantic annotations and retrieval: manual, semiautomatic, and automatic generation. In: DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. *Handbook of semantic web technologies*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2011. cap. 21, p. 911-975.
- BOOCH, G.; JACOBSON, I.; RUMBAUGH, J. *UML Guia do usuário*. Rio de Janeiro: Campus, 2006.
- BRACHMAN, R. J.; SCHMOLZE, J. G. An overview of the KL-ONE knowledge representation system. *Cognitive Science*, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 171-216, Apr. 1985.
- BRÄSCHER, M.; CAFÉ, L. Organização da informação ou organização do conhecimento?. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 9., 2008, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Ancib, 2008.
- BREITMAN, Karin. *Web semântica: a internet do futuro*. Rio de Janeiro: LTC, 2005.
- BÜRGER, T.; HAUSENBLAS, M. Why real-world multimedia assets fail to enter the semantic web. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE CAPTURE, 4th, 2007, Whistler. *Proceedings...* [S.l.]: CEUR-WS.org, 2007. v. 289.
- 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://www.insemtives.eu/deliverables/Insemtives_d2.1.1.pdf>. Acesso em: 5 jul. 2012.
- BUSH, Vannevar. As we may thing. *Atlantic Monthly*, Boston, v. 176, n. 1, p. 101-108, 1945.
- CALDAS, W. F.; MOREIRA, M. P. Folksonomia e classificação de etiquetas: estudo de caso Flickr. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 10., 2009, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Ancib, 2009.
- CALVANESE, D.; GIACOMO, G. de. *Descript ion logics for conceptual data modeling in UML*. In: EUROPEAN SUMMER SCHOOL IN LOGIC LANGUAGE AND INFORMATION, 15th, 2003, Vienna. Disponível em: <<http://www.dis.uniroma1.it/~degiacon/didattica/essli03/>>. Acesso em: 2 abr. 2008.
- CAMPOS, Linair Maria. *Diretrizes para definição de recorte de domínio no reúso de ontologias biomédicas: uma abordagem interdisciplinar baseada na análise do compromisso ontológico*. 2011. 328 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Universidade Federal Fluminense; Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia, Niterói, 2011.
- CAMPOS, M. L. A. *Linguagem documentária: teorias que fundamentam sua elaboração*. Niterói, RJ: EUFF, 2001.
- CAMPOS, M. L. A. Modelização de domínios de conhecimento: uma investigação de princípios fundamentais. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 33, n. 1, p. 22-32, jan./abr. 2004.

CAMPOS, M. L. A.; CAMPOS, L. M.; MEDEIROS, J. A Representação de domínios de conhecimento e uma teoria de representação: a ontologia de fundamentação. *Informação & Informação*, Londrina, v. 16, n. 3, p. 140-164, jan./jun. 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/informacao/article/view/10389/9287>>. Acesso em: 18 set. 2013.

CAROLO, Fernando. *Gestão de conteúdo web com ferramentas semânticas na Globo.com*. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ONTOLOGIAS NO BRASIL, 4., 2011, Gramado. Disponível em: <http://www.inf.ufrgs.br/ontobras-most2011/arquivos/apresentacoes/GLOBO_Ontobras2011.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2013.

CASTRO, F. F. de. *Padrões de representação e descrição de recursos informacionais em bibliotecas digitais na perspectiva da ciência da informação: uma abordagem do MarcOnt initiative na era da web semântica*. 2008. 201 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2008.

CASTRO, F. F. de; SANTOS, P. L.V. A. C. Uso das tecnologias na representação descritiva: o padrão de descrição bibliográfica semântica MarcOnt initiative nos ambientes informacionais digitais. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 38, n. 1, p. 74-85, jan./abr. 2009. Disponível em: <<http://revista.ibict.br/ciinf/index.php/ciinf/article/view/1082/1312>>. Acesso em: 20 nov. 2011.

CASTRO, F. F. de; SANTOS, P. L.V. A. C. Ambientes informacionais digitais à luz da catalogação descritiva: a interoperabilidade em foco. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 13., 2012, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Ancib, 2012.

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. *Metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2002.

CHANDRASEKARAN, B.; JOHNSON, T. R.; BENJAMINS, V. R. Ontologies: what are they? why do we need them?. *IEEE Intelligent Systems*, [S.l.], v. 14, n. 1, p. 20-26, Jan./Feb.1999.

CHANG, S.F.; SIKORA, T.; PURL, A. Overview of the MPEG-7 standard. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, [S.l.], v. 11, n. 6, p. 688-695, 2001.

CHEBOTKO, Artem et al. An ontology-based multimedia annotator for the semantic web of language engineering. In: SHETH, Amit; LYTRAS, Miltiadis. *Semantic web-based information systems: state-of-the-art applications*. Hershey: Cybertech Publishing, 2007. cap. 6, p. 140-160.

CHELLA, M. T. *Sistema para classificação e recuperação de conteúdo multimídia baseado no padrão MPEG-7*. 2004. Disponível em: <www.nied.unicamp.br/~siros/doc/2232.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2013.

CHEN, Peter P. *The entity-relationship model - toward a unified view of data*. 1976. Disponível em: <<http://www.csc.lsu.edu/news/erd.pdf>>. Acesso em: 24 maio 2007.

CLEMENTE J.; RAMÍREZ A.; ANTONIO, A. de. A proposal for student modeling based on ontologies and diagnosis rules. *Expert Syst with Applicattions*, [S.l.], v. 38, n. 7, p. 8066–8078, July. 2011.

CODD, E.F. A Relational model of data for large shared data banks. *Communications of the ACM*, [S.l.] v. 13 n. 6, p. 377–387, June 1970. Disponível em: <<http://www.seas.upenn.edu/~zives/03f/cis550/codd.pdf>>. Acesso em: 2 abr. 2007.

COPI, I.M. *Introdução a lógica*. 2. ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.488 p.

CORAZZON, R. *Definitions of ontology: first part*. 2008a. Disponível em: <<http://www.ontology.co/ontology-definitions-one.htm>>. Acesso em: 2 abr. 2014.

CORAZZON, R. Semantics and ontological analysis in Aristotle's categories. 2008b. Disponível em: <<http://www.ontology.co/aristotle-categories.htm>>. Acesso em: 10 abr. 2014.

CORDEIRO, K. et al. An approach for managing and semantically enriching the publication of linked open governmental data. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE BANCO DE DADOS, 26., 2011, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis, [s.n.], 2011. Workshop de Computação Aplicada em Governo Eletrônico

CRANFIELD, S.; PURVIS, M. UML as an ontology modeling language. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 16th, 1999, Stockholm. *Proceedings...* Stockholm: [s.n.], 1999. p.1-16. Workshop on Intel-Ligent Information Integration

CROFTS, Nick et al. (Ed.). *Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model: version 4.2*. [S.l.]: International Council of Museums (ICOM); International Committee for Documentation(CIDOC), 2005. Documentation Standards Group. Disponível em: <http://cidoc.ics.forth.gr/docs/cidoc_crm_version_4.2.pdf>. Acesso em: 22 jul. 2013.

CURRÁS, E. *Ontologies, taxonomies and thesauri in systems science and systematics*. Cambridge: Woodhead Publishing, 2003.

DAHLBERG, Ingetraut. Classification theory, yesterday and today. *International classification*, [S.l.] v. 3, n. 2, p. 85-90, 1976.

DAHLBERG, Ingetraut. Teoria do conceito. *Ciência da Informação*, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 101-107, jul./dez. 1978.

DAHLBERG, Ingetraut. Knowledge organization: its scope and possibilities. *Knowledge Organization*, [S.l.], v. 20, n. 4, p. 211-222, 1993.

D'AQUIN, M et al. Collaborative semantic authoring. *IEEE Intelligent Systems*, [S.l.], v. 23, n. 3, May/June 2008.

DASIOPOULOU, S. *Multimedia content and descriptor ontologies: final version*. 2008. Disponível em: <https://www.academia.edu/2721370/Multimedia_content_and_descriptor_ontologies-final_version>. Acesso em: 23 de mar. 2014.

DASIOPOULOU, S. et al. Enquiring MPEG-7 based multimedia ontologies. *Journal Multimedia Tools and Applications*, MA, USA, v. 46, n. 2/3, p. 331-370, Jan. 2010.

DALAKLEIDI, K. et al. Semantic representation of multimedia content. In: PALIOURAS, G.; SPYROPOULOS, C.D.; TSATSARONIS, G. (Ed.). *Knowledge-driven multimedia information extraction and ontology evolution, 6050/BOEMIE EU Project*. Berlin: Springer Verlag, 2011.

DEMO, P. *Metodologia científica em ciências sociais*. São Paulo: Atlas, 1996.

DING, Li et al. Finding and ranking knowledge on the semantic web. In: INTERNATIONAL SEMANTIC WEB CONFERENCE, 4th, 2005, Galway. *Proceedings...* Galway: Springer, 2005.

DODEBEI, V. Memória e conhecimento: oralidade, visualidade e reprodutibilidade no fluxo da informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 10., 2009, João Pessoa. *Anais...* João Pessoa: Ancib, 2009.

DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James A. *Handbook of semantic web technologies*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2011.

DONINI, F.M. et al. The complexity of concept languages. *Information and Computation*, [S.l.], v. 134, n. 1, p. 1-58, abr. 1997. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.53.8940&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 03 abr. 2013.

EVAIN, Jean-Pierre; BÜRGER, Tobias. Semantic web, linked data and broadcasting: more in common than you'd think!. *EBU Technical Review*, Genebra, 2011. Disponível em: <https://tech.ebu.ch/docs/techreview/trev_2011-Q1_semantic-web_evain.pdf>. Acesso em: 22 set. 2013.

FALBO, Ricardo de Almeida. *Integração de conhecimento em um ambiente de desenvolvimento de software*. 1998. 215 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE), Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1998.

FENSEL, D. et al. OIL: an ontology infrastructure for the semantic web. *IEEE Intelligent Systems*, [S.l.], v. 16, n. 2, p. 38-44, 2001.

FERNÁNDEZ LÓPEZ, M. *Overview of methodologies for building ontologies*. 1999. Disponível em: <<http://www.lsi.upc.es/~bejar/aia/aia-web/4-fernandez.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2013.

FÉRNANDEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; CORCHO, O. Methodologies and methods for building ontologies. In: GÓMEZ-PÉREZ, A.; FÉRNANDEZ-LÓPEZ, M.; CORCHO, O. *Ontological engineering*. London: Springer, 2004. p. 107-153.

FERNÁNDEZ, M.; GOMEZ-PÉREZ, A.; JURISTO, H. *Methontology: from ontological art towards ontological engineering*. 1997. Disponível em: <http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY_.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2013.

FISCHER, D. *From Thesauri towards Ontologies?* In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR KNOWLEDGE ORGANIZATION CONFERENCE, 15th, 1998, Lille, France. *Proceedings...* Wurzburg: Ergon Verlag, 1998. Structures and Relations in Knowledge Organization.

FUJITA, M. S. L. A identificação de conceitos no processo de análise de assunto para indexação. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, v. 1, n. 1, p. 60-90, jul./dez. 2003. Disponível em: <<http://www.sbu.unicamp.br/seer/ojs/index.php/rbci/article/view/287/167>>. Acesso em: 10 nov. 2011.

GANGEMI, Aldo et al.. Sweetening ontologies with dolce. In: INTERNATIONAL CONFERENCE EKAW, 13th, 2002. *Proceeding....* Berlin: Springer Berlin, 2002. v. 2473, p. 166-181. Lecture Notes in Artificial Intelligence.

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. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=C9EDAD3D6AAC5B93C21D11057C780555?doi=10.1.1.108.7452&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 29 mar. 2014.

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. Disponível em: <<http://books.google.com.br/books?id=W6ZNCaolVbwC&pg=PA221&lpg=PA221&dq=ontology+design+patterns+handbook&source=bl&ots=fAKBdXOS-E&sig=ey-jmLbOKzB-zcMH-YyrKfvavog&hl=pt-BR&sa=X&ei=m1BhU8i2EdHgsATzuYDwDQ&ved=0CFcQ6AEwBA#v=onepage&q=ontology%20design%20patterns%20handbook&f=false>>. Acesso em: 2 maio 2014.

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.

GARCÍA, R.; GIL, R.: Facilitating business interoperability from the semantic web. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON BUSINESS INFORMATION SYSTEMS, 10th, 2007, Poznan. *Proceedings...* Berlin: Springer, 2007, p. 220-232.

GARCÍA, R.; GIL, R.; DELGADO, J. A web ontologies framework for digital rights management. *Artif. Intell. Law*, [S.l.], v. 15, n. 2, p. 137-154, 2007.

GARCÍA, R. et al. Multimedia content description using semantic web languages. In: KOMPATSIARIS, Y.; HOBSON, P. (Ed). *Semantic multimedia and ontologies: theory and application*. Berlin: Springer, 2008. p. 17-34.

GEURTS, J.; OSSENBRUGGEN, J. V.; HARDMAN, L. Requirements for Practical Multimedia Annotation. In: EUROPEAN SEMANTIC WEB CONFERENCE, 5th, Heraklion, Greece. *Proceedings...* [S.l.]: Springer, 2005, p. 4-11. Workshop on Multimedia and the Semantic Web

GIL, Antonio Carlos. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GILCHRIST, Alan. Thesauri, taxonomies and ontologies: an etymological note. *Journal of Documentation*, [S.l.], v. 59, n. 1, p. 7-18, 2003.

GILLILAND-SWETLANDO, Anne J. *Introduction to metadata: setting the stage*. 2000. Disponível em: <http://www.getty.edu/research/conducting_research/standards/intrometadata/pdf/swetland.pdf>. Acesso em: 12 maio 2005.

GOMES, H. E. et al. *Manual de elaboração de tesouros monolíngues*. Brasília: CNPq/PNBU, 1990. 78p.

GÓMEZ-PÉREZ, A. *Some ideas and examples to evaluate ontologias*. 1994. Disponível em: <http://oa.upm.es/6242/1/Some_Ideas_and_Examples_to_Evaluate_Ontologies.pdf>. Acesso em: 12 fev. 2014.

GÓMEZ-PÉREZ, A. Evaluation of taxonomic knowledge in ontologies and knowledge bases. In: WORKSHOP ON KNOWLEDGE ACQUISITION, MODELING AND MANAGEMENT, 1999, Alberta, Canada. *Proceedings...* Alberta: University of Calgary, 1999.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ, M.; VICENTE, A.J. de. *Towards a method to conceptualize domain ontologies*. 1996. Disponível em: <http://oa.upm.es/7228/1/Towards_a_Method_.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2013.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; ROJAS-AMAYA, D. Ontological reengineering for reuse. In: EUROPEAN KNOWLEDGE ACQUISITION WORKSHOP, 11th, 1999, Dagstuhl Castle. *Proceedings.... Heidelberg*: Springer Verlag Berlin, 1999, p.139-156.

GRENON, P.; SMITH, B.; GOLDBERG, L. Biodynamic ontology: applying BFO in the biomedical domain. In: PISANELLI, Domenico M. (Ed.). *Ontologies in Medicine*. Amsterdam: IOS Press, 2004, p. 20-38. Proceedings of the Workshop on Medical Ontologies, Rome, 2003.

GRUBER, T. R. *What is an ontology?* 1993a. Disponível em: <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>. Acesso em: 3 ago. 2013.

GRUBER, T. R. *Translation approach to portable ontology specifications*. 1993b. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.101.7493&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 3 ago. 2013.

GRUBER, T. R. Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. In:

GRUNINGER, M.; FOX, M. S. *Methodology for the design and evaluation of ontologies*. 1995.
Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.44.8723&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2013.

GUARINO, N.; POLI, R. (Ed.). *Formal ontology in conceptual analysis and knowledge representation*. [S.l.]: Kluwer, 1994. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=219701>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

GUARINO, N. *Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation*. 1995.
Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.29.3373&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 3 set. 2013.

GUARINO, N. *Formal ontology in information systems*. 1998. Disponível em:

<<http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=E88DA9B5B5A9797C83C1F2E3C907991F?doi=10.1.1.29.1776&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 3 set. 2013.

GUARINO, N.; GIARETTA, P. Ontologies and KBs, towards a terminological clarification. In: MARS, N. (Ed.). *Towards a very large knowledge bases: knowledge building and knowledge sharing*. [S.l.]: IOS Press, 1995. p. 25-32.

GUARINO, N.; GUIZZARDI, G. In the Defense of ontological foundations for conceptual modeling. *Scandinavian Journal of Information Systems*, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 115-126, 2006. Disponível em: <<http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1032&context=sjis>>. Acesso em 25 abr. 2014.

GUARINO, N.; WELTY, C. A formal ontology of properties. In: EUROPEAN WORKSHOP ON KNOWLEDGE ACQUISITION, MODELING AND MANAGEMENT, 12th, 2000, Juan-les-Pins. *Proceedings...* London: Springer-Verlag, 2000. p.97-112.

GUINCHAT, C.; MENOU, M. As linguagens documentais. In: _____. *Introdução geral às ciências e técnicas da informação e documentação*. Brasília: IBICT, 1994. p. 133-165.

GUIZZARDI, G. *Ontological foundations for structural conceptual models*. 2005. 416 f. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) - Universidade de Twente, Enschede, Holanda, 2005.

GUIZZARDI, G.; FALBO, R. A.; GUIZZARDI, R. S. S. A importância de ontologias de fundamentação para a engenharia de ontologias de domínio: o caso do domínio de processos de software. *IEEE Transactions Latin America*, [S.l.], v. 6, p. 244-251, 2008.

GUIZZARDI, G.; WAGNER, G. On a unified foundational ontology and some applications of it in business modeling. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED IN INFORMATION SYSTEMS ENGINEERING, 16th, 2004, Latvia. *Proceedings...* Berlin: Springer Verlag, 2004.

GUIZZARDI, G.; WAGNER, G. *Using the unified foundational ontology (UFO) as a foundation for general conceptual modeling languages*. Berlin: Springer-Verlag, 2009.

HARE, J. S. et al. Bridging the semantic gap in multimedia information retrieval: top-down and bottom-up approaches. In: EUROPEAN SEMANTIC WEB CONFERENCE, 3th, 2006, Budva. *Proceedings...* Disponível em: <<http://ceur-ws.org/Vol-187/10.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2013.

HASLHOFER B. et al. The LEMO annotation framework: weaving multimedia annotations with the web. *Int J Digit Libr*, [S.l.], v. 10, n. 1, p. 15-32, 2009.

- HILDEBRAND, M. et al. *Searching in semantically rich linked data: a case study in cultural heritage*. 2010. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=179DEB9CD4388DE9FC4074CDE7FF1BCE?doi=10.1.1.154.3789&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 2 out.2011.
- HJORLAND, Birger. Fundamentals of knowledge organization. *Knowledge Organization*, [S.l.], v. 30, n. 2, p. 87-111, 2003
- HJORLAND, B. Semantics and knowledge organization. *Annual Review of Information Science and Technology*, [S.l.], v. 41, p. 367-405, 2007.
- HODJE, G. Systems of knowledge organization for digital libraries: beyond traditional authority files. In: *The council on library and information resources*. Washington, DC, 2000. Disponível em: <<http://www.clir.org/pubs/reports/pub91/contents.html>>. Acesso em: 21 maio 2013.
- HOLLINK, L.; LITTLE, S; HUNTER, J. Evaluating the application of semantic inferencing rules to image annotation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE CAPTURE, 3th, 2005, Banff. *Proceedings...* [S.l.]: ACM, 2005, p. 91–98.
- HUNTER, J. Adding multimedia to the semantic web – building an MPEG-7 ontology. In: INTERNATIONAL SEMANTIC WEB WORKING SYMPOSIUM, 1st, 2001, Stanford. *Proceedings...* Disponível em: <https://files.ifi.uzh.ch/ddis/iswc_archive/iswc/ih/SWWS-2001/program/full/paper59a.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2013.
- HUNTER, J. *An application profile which combines Dublin Core and MPEG-7 metadata terms for simple video description*. In: ViDE Video Access Group, 2002a.
- HUNTER, J. Combining the CIDOC CRM and MPEG-7 to describe multimedia in museums. In: MUSEUMS AND THE WEB INTERNATIONAL CONFERENCE, 6th, 2002, Boston. *Proceedings...* Boston: [s.n.], 2002b.
- HUNTER, J. Collaborative semantic tagging and annotation systems. In: CRONIN, B (ed). *Annual review of information science and technology*. [S.l.]: American Society for Information Science & Technology, 2009. v. 43, cap. 2.
- HUNTER, J.; DRENNAN, J.; LITTLE, S. Realizing the hydrogen economy through semantic Web technologies. *IEEE Intelligent Systems Journal*, [S.l.], n. 19, p. 40-47, 2004. Special Issue on eScience.
- HUNTER, J.; IANNELLA, R. The application of metadata standards to video indexing. In: EUROPEAN CONFERENCE ON RESEARCH AND ADVANCED TECHNOLOGY FOR DIGITAL LIBRARIES, 2nd, 1998, Creta. *Proceedings...* London: Springer, 1998.
- HUNTER, J.; MARTÍNEZ, J.M.; OLTMANS, E. *MPEG-7 harmonisation with Dublin Core: current status and concerns*. 2000. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=8DFD291C7757DF0F54579BBCC7B17BB0?doi=10.1.1.175.5092&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2013.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF LIBRARY ASSOCIATIONS AND INSTITUTIONS (IFLA). *Functional requirements for bibliographic records*. Munique: K.G. Sauer Verlag, 1998. 144 p. Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Records. Disponível em: <<http://www.ifla.org/files/assets/cataloguing/frbr/frbr.pdf>>. Acesso em: 12 jul. 2013.
- INTERNATIONAL FEDERATION OF LIBRARY ASSOCIATIONS AND INSTITUTIONS (IFLA). *International standard bibliographic description (ISBD): preliminary consolidated edition*. Munique: K. G. Saur Verlag, 2007. 320 p. Disponível em: <http://www.ifla.org/files/assets/cataloguing/isbd/isbd-cons_2007-en.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2013.

INTERNATIONAL FEDERATION OF LIBRARY ASSOCIATIONS AND INSTITUTIONS (IFLA). *Functional requirements for bibliographic records*: final report (approved by standing committee of the IFLA section on cataloguing in september 1997). 2009. 142 p. Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Records. Disponível em: <http://www.ifla.org/files/assets/cataloguing/frbr/frbr_2008.pdf>.. Acesso em: 12 jul. 2013.

INFORMATION STANDARDS QUARTERLY. [S.l.]: NISO, v. 22, n. 1, 2010. Special edition: state of the standards and year in review. Disponível em: <http://www.niso.org/publications/isq/free/FE_DCMI_Harper_isqv22no1.pdf>. Acesso em: 18 jul. 2013.

ISAAC, A.; TRONCY, R. Designing and using an audio-visual description core ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND KNOWLEDGE MANAGEMENT, 14th, 2004, Whittlebury. *Proceedings...* Whittlebury: [s.n.], 2004.

JACOB, E. K. Classification and categorization: a difference that makes a difference. *Library Trends*, [S.l.], v. 52, n. 3, p. 515-540, 2004.

JAIN, P. et al. Linked data is merely more data. In: BRICKLEY, Dan et al. *Linked data meets artificial intelligence: technical report SS-10-07*. Menlo Park: AAAI Press, 2010. pp. 82-86. Disponível em: <http://knoesis.wright.edu/library/publications/linkedai2010_submission_13.pdf>. Acesso em: 20 nov. 2011.

JIMENEZ, Antonio García. Instrumentos de representación del conocimiento: tesauros versus ontologías. *Anales de Documentación*, [S.l.], n. 7, p. 79-95, 2004.

JONES, D.; BENCH-CAPON, T.; VISSER, P. *Methodologies for ontology development*. 1998. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.52.2437>>. Acesso em: 20 nov. 2013.

KHOO, C. S. G.; NA, Jin-Cheon. Semantic relations in Information science. *Annual Review of Information Science and Technology*, [S.l.], v. 40, p. 157-228, 2007.

KIMBALL, Ralph. *The data warehouse toolkit*: practical techniques for building dimensional data warehouses. New York: JohnWiley & Sons, Inc., 1996.

KOLAROVA, Daniela. *Multimedia semantics and the semantic web*. Sófia, 2009. Disponível em: <<http://www.iit.bas.bg/PECR/60/3-13.pdf>>. Acesso em: 2 out. 2011.

KRÖTZSCH, Markus et al. *Semantic wikipedia*, 2006. Disponível em: <http://korrekt.org/papers/KroetzschVrandecicVoelkelHaller_SemanticMediaWiki_2007.pdf>. Acesso em: 7 set. 2013.

KRUK, S. R.; SYNAK, M.; ZIMMERMANN, K. *MarcOnt*: integration ontology for bibliographic description formats. Madrid: [s. n.], 2005. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.155.201>>. Acesso em: 16 nov. 2011.

LAGOZE, C.; HUNTER, J. The ABC ontology and model (v3.0). *Journal Digital Information*, [S.l.], v. 2, n. 2, Nov. 2001.

LAMSFUS C et al. Human-centric ontology-based context modelling in tourism. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND ONTOLOGY DEVELOPMENT, 2009, Funchal, Madeira. *Proceedings...* [S.l.]: INSTICC Press, 2009, p 424-434.

LANCASTER, F. W. *Vocabulary control for information retrieval*. 2nd ed. Virgínia: IRP, 1986. 270 p.

LANCASTER, F.W. *Indexação e resumos*: teoria e prática. Brasília: Briquet de Lemos, 1993.

LANCASTER, F. W.; WARNER, Amy J. *Information retrieval today*. ed. rev. e aum. Arlington: Information Resources Press, 1993.

LASSILA, O.; SWICK, R. R. *Resource description framework (RDF): model and syntax specification*. 1999. W3C Recommendation. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/1999/REC-rdf-syntax-19990222/>>. Acesso em: 25 set. 2007.

LE BOEUF, Patrick. *De la conception à la survie: comment documenter et conserver les productions du spectacle multimédia?* Paris: Centre de documentation de la musique contemporaine, 2006.

LIMA, J. A. O. *Modelo genérico de relacionamentos na organização da informação legislativa e jurídica*. 2008. 289 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

MAIDA, A.S. *Frame theory*. New Jersey: John Wiley & Sons, 1987.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. *Fundamentos de metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 297 p.

MARTÍNEZ, J. M. *MPEG-7 overview (version 10)*. 2004. Disponível em: <<http://www.chiariglione.org/mpeg/standards/mpeg-7/mpeg-7.htm>>. Acesso em: 5 dez. 2013.

MARTÍNEZ, J.; KOENEN, R.; PEREIRA, F. MPEG-7: the generic multimedia content description standard - part 1. *IEEE Multimedia*, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 78-87, Apr./June 2002.

MASOLO, C. et al. *Ontology library: wonder web deliverable D18*. Trento, 2003. Disponível em: <<http://www.loa-cnr.it/Papers/D18.pdf>>. Acesso em: 2 jul. 2012.

MCBRIDE, B. The resource description framework (RDF) and its vocabulary description language RDFS. In: STAAB, S.; STUDER, R. (Ed.). *Handbook on Ontologies*. Berlin: Springer-Verlag, 2004. p.51-66

MENDONÇA, F. M.; ALMEIDA, M. B. Modelos e teorias para representação: uma teoria ontológica do sangue humano. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 13., 2012, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Ancib, 2012.

MENDONÇA, F. M. et al. Extração automática de termos candidatos às ontologias: um estudo de caso no domínio da hemoterapia. In: SEMINÁRIO ONTOLOGIA DE PESQUISA NO BRASIL, 5., 2012, Recife. *Anais...* Recife: [s.n.], 2002, p. 170-175.

MEY, Eliane Serrão Alves. Sobre catalogação e catálogo. In: _____. *Introdução à catalogação*. Brasília: Briquet de Lemos Livros, 1995. cap. 1.

MINSKY, M.A. *Framework for representing knowledge*. New York: McGraw-Hill. 1975.

MIZOGUCHI, R.; VANWELKENHUYSEN, J.; IKEDA, M. Task ontology for reuse of problem solving knowledge. In: EUROPEAN CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 11th, 1994, Amsterdam. *Proceedings...* Amsterdam: IOS Press, 1995. p. 46-59. Towards very large knowledge bases,

MORENO, Fernanda P.; ARELLANO, Miguel Angel M. Requisitos funcionais para registros bibliográficos - FRBR: uma apresentação. *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Campinas, v. 3, n. 1, p. 20-38, jul./dez. 2005.

MYLOPOULOS, J. Conceptual modeling and Telos. In: LOUCOPOULOS, P.; ZICARI, R. (Ed.). *Conceptual modeling, databases, and CASE*. [S.l.]: Wiley, 1992. cap. 2, p. 49-68.

- NACK, F.; LINDSAY, A. T. Everything you wanted to know about MPEG-7: part 1. *IEEE Multimedia*, [S.l.], 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.l.], 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.l.], v. 12, n. 1, p. 54-63, 2005.
- NAVATHE, Shamkant B.; ELMASRI, Ramez. *Sistemas de bancos de dados: fundamentos e aplicações*. Rio de Janeiro: LTC, 2000.
- NILES, I; PEASE, A. Origins of the IEEE standard upper ontology. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 17th, 2001, Seattle. *Proceedings...* [S.l: s.n.], 2001. Working Notes of the IJCAI-2001 Workshop on the IEEE Standard Upper Ontology.
- 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
- NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. *The theory underlying concept maps and how to construct them: technical report IHMC CmapTools 2006-01 Rev 01-2008*, Florida Institute for Human and Machine Cognition, 2008. Disponível em: <<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TheoryUnderlyingConceptMaps.pdf>>. Acesso em: 7 set. 2013.
- NOVELINO, Maria Salet F. Instrumentos e metodologias de representação da informação. *Informação & Informação*, Londrina, v. 1, n. 2, p. 37-45, jul./dez. 1996.
- NOY, F. N.; MCGUINNESS, D. L. *Ontology development 101: a guide to create your first ontology*. 2001. Disponível em: <<http://ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.doc>>. Acesso em: 3 out. 2013.
- OBERLE, D. et al. On foundational and domain models in the smartweb integrated ontology (SWIntO). *J. Web Sem.*, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 156-174, Sept. 2007.
- OLIVER, Chris. *Introdução à RDA: um guia básico*. Brasília: Briquet de Lemos, 2011.
- ONTOLOGY ENGINEER GROUP. *The NeOn methodology*. 2010. Disponível em: <<http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/en/methodologies/59-neon-methodology>>. Acesso em: 15 jan. 2014.
- OSSENBRUGGEN, J. V.; NACK, F.; HARDMAN, L. H. That obscure object of desire: multimedia metadata on the web - part 1. *IEEE MultiMedia*, [S.l.], v. 11, n. 4, p. 38-48, Oct./Dec. 2004.
- OSSENBRUGGEN, J. V; STAMOU, G; PAN, J. Z.. Multimedia annotations and the semantic web. *IEEE MultiMedia*, [S.l.], v. 13, n. 1, p. 86-90, Jan./Mar. 2006.
- PAPADIMITRIOU, A. et al. Integrating semantic technologies with Interactive digital TV. In: PELLEGRINI, T. et al. (Ed.). *Networked knowledge and media: integrating knowledge management, new media technologies and semantic systems*. Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. p. 305-320.
- PATTUELLI, Maria C. Modeling a domain ontology for cultural heritage resources: a user-centered approach. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, [S.l.], v. 62, n. 2, p. 314-342, 2011.

- PAULA FILHO, Wilson de P. *Engenharia de software: fundamentos, métodos e padrões*. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003. 602 p.
- POVEDA-VILLALÓN M. et al. A context ontology for mobile environments. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON KNOWLEDGE ENGINEERING AND KNOWLEDGE MANAGEMENT, 17th, 2010, Lisbon. *Proceedings...* Berlin: Springer, 2010. Workshop on Context, Information and Ontologies.
- PRESSMAN, Roger S. *Engenharia de software*. 5. ed. Rio de Janeiro: McGraw-Hill, 2002. 843 p.
- 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.
- PRIETO-DÍAZ, R. A faceted approach to building ontologies. In: IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION REUSE AND INTEGRATION, [4th], 2003, Las Vegas. *Proceedings...* Las Vegas: IEEE SMC, 2003. p. 458-465.
- QUACKENBUSH, S.; LINDSAY, A. Overview of MPEG-7 audio. *IEEE Transactions On Circuits And Systems For Video Technology*, [S.l.], v. 11, n. 6, June 2001.
- RANGANATHAN, S. R. *Prolegomena to library classification*. Bombay: Asia Publishing House, 1967. 640 p.
- REZENDE, Solange O. *Sistemas inteligentes: fundamento e aplicações*. São Paulo: Manole, 2003.
- RIBEIRO, Antônia M. de C. M. *AACR2: código de catalogação anglo-americano*. 2. ed. rev. 2002. São Paulo: FEBAB, 2004.
- ROMANELLI, M.; SONNTAG, D.; REITHINGER, N. (DFKI) connecting foundational ontologies with MPEG-7 ontologies for multimodal QA. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTICS AND DIGITAL MEDIA TECHNOLOGY, 1st, 2006, Atenas. *Proceedings...* Atenas: [s.n.], 2006. Disponível em: <<http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-233/p37.pdf>>. Acesso em: 19 maio de 2014.
- RUMBAUGH, J.; BLAHA, M. *Modelagem e projetos baseados em objetos com UML 2*. Rio de Janeiro: Campus, 2006.
- RUSSELL, S.; NORVIG, P. *Inteligência artificial*. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.
- SAATHOFF, C.; SCHERP, A. M3O: the multimedia metadata ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTIC AND DIGITAL MEDIA TECHNOLOGIES, 4th, 2009, Graz. *Proceedings...* [S.l.]: CEUR-WS.org, 2009. Workshop on semantic multimedia database technologies (SeMuDaTe 2009).
- 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.
- SALEMBIER, P. Overview of the MPEG-7 standard and of future challenges for visual information analysis. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, New York, v. 2002, n. 2, p. 343-353, Apr. 2002. Disponível em: <<http://asp.eurasipjournals.com/content/pdf/1687-6180-2002-353126.pdf>>. Acesso em: 27 nov. 2013.
- SALEMBIER, P.; SMITH, J. MPEG-7 multimedia description scheme. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Tecnology*, [S.l.], v. 11, n. 6, June 2001.

- SARACEVIC, T. Ciência da Informação: origem, evolução, relações. *Perspectivas em Ciência da Informação*, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 41-62, jan./jun. 1996.
- SAYÃO, L. F. Modelos teóricos em Ciência da Informação: abstração e método científico. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 30, n. 1, p. 82-91, jan./abr. 2001.
- SCHANDL, B. et al. *Linked Data and multimedia: the state of affairs. Multimedia Tools and Applications*, [S.l.], 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.l.], v. 6, n. 1, p.25-49, Mar. 2012
- SHADBOLT, N.; HALL, W.; BERNERS-LEE, T. The semantic web revisited. *IEEE Intelligent Systems*, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 96-101, May/June 2006.
- SILBERSCHATZ, A.; KORTH, H. F.; SUDARSHAN, S. *Sistemas de bancos de dados*. Tradução: Daniel Vieira. 5. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006.
- SILVA, Daniela L. da. *Uma proposta metodológica para construção de ontologias: uma perspectiva Interdisciplinar entre as Ciências da Informação e da Computação*. 2008. 286 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Escola da Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.
- SILVA, Daniela L. da; SOUZA, R. R.; ALMEIDA, M. B. Ontologias e vocabulários controlados: comparação de metodologias para construção. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 37, n.3, p. 60-75, set./dez. 2008.
- SILVA, Daniela L. da et al. Ontologias para descrição de recursos multimídia: uma proposta para o CPDOC-FGV. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM ONTOLOGIAS NO BRASIL, 5., 2012, Recife. *Anais...* Recife: [s.n.], 2012, p. 212-217.
- 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. Disponível em: <<https://www.bu.ufmg.br/rbu/index.php/localhost/article/viewFile/35/15>>. Acesso em: 22 set. 2013.
- SIMOU, N. et al. A Visual descriptor ontology for multimedia reasoning. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON IMAGE ANALYSIS FOR MULTIMEDIA INTERACTIVE SERVICES, 6th, 2005, Montreux. *Proceedings...* Montreux, [s.n.], 2005.
- SITARAM, D.; DAN, A. *Multimedia servers: applications, environments and design*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.
- SMITH, B. *Ontology and informations systems*. 2004. Disponível em: <<http://www.ontology.buffalo.edu/ontology>> Acesso em: 15 set. 2013.
- SMITH, B. *Introduction to the logic of definitions*. 2013. Disponível em: <http://ceur-ws.org/Vol-1061/Paper5_DO2013.pdf> Acesso em: 20 fev. 2014.
- SMITH, B; GRENON, P. The cornucopia of formal-ontological relations. *Dialectica*, [S.l.], v. 58, n. 3, p. 279-296, 2004. Disponível em: <<http://ontology.buffalo.edu/smith/articles/cornucopia.pdf>>. Acesso em 15 jul. 2011.
- SOERGEL, Dagobert. *Functions of a thesaurus / classification / ontological knowledge base*. 1997. University of Maryland, College of Library and Information Services, lecture 16, reading 2.
- SOERGEL, Dagobert. The rise of ontologies or the reinvention of classification. *Journal of the American Society of Information Science*, [S.l.], v. 50, n. 12, p. 1119-1120, 1999.

SONNTAG, D. et al. Smart web handheld - multimodal interaction with ontological knowledge bases and semantic web services. In: INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE, 20th, 2007, Hyderabad. *Proceeding...* Hyderabad, [s.n.], 2007. International Workshop on AI for Human Computing.

SOUZA, Renato R.. *Uma proposta de metodologia para escolha automática de descritores utilizando Sintagmas Nominais*. 2005. 202 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2005.

SOUZA, R. R.; ALVARENGA, L. A web semântica e suas contribuições para a ciência da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 33, n. 1, p.132-141, jan./abr. 2004.

SOUZA, Renato R. et al. The CPDOC semantic portal: applying semantic and knowledge organization systems to the brazilian contemporary history domain. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR KNOWLEDGE ORGANIZATION, 12th, 2012, Mysore. *Proceedings...* Mysore, [s.n.], 2012. Conference - Categories, Relations and Contexts in Knowledge Organization

SOWA, J. F. *Knowledge representation: logical, philosophical, and computation foundations*. California: Brooks Cole, 2000. 594 p.

STEGMAIER, F. et al. How to align media metadata schemas? design and implementation of the media ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTIC AND DIGITAL MEDIA TECHNOLOGIES, 4th, 2009, Graz. *Proceedings...* [S.l.]: CEUR-WS.org, 2009. Workshop on semantic multimedia database technologies (SeMuDaTe 2009).

STEINMETZ, R.; LINDSAY, B. *Multimedia: computing, communications, and applications*. [S.l.]: Pretince Hall, 1995.

STEVENS, R. et al. Ontologies in bioinformatics. In: STAAB, S.; STUDER, R. (Ed.). *Handbook on ontologies*. Berlin: Springer-Verlag, 2004. p. 635-658.

SUÁREZ-FIGUEROA, M.C. *NeOn methodology for building ontology networks: specification, scheduling and reuse*. 2010. 288 f. Thesis (Doctoral) – Departamento de Inteligencia Artificial, Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, Spain, 2010.

SUÁREZ-FIGUEROA, M.C.; ATEMEZING, G.A.; CORCHO, O. The landscape of multimedia ontologies in the last decade. *Multimedia Tools and Applications*, [S.l.], 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.

SUDEEPTHI, G.; ANURADHA, G.; BABU, S. P. A survey on semantic web search engine. *International Journal of Computer Science Issues*, [S.l.], v. 9, n. 1, p. 241-245, Mar. 2012.

SVENONIUS, E. *The intellectual foundations of information organization*. Cambridge: The MIT Press, 2000. 255 p.

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.

THOMAZ, Kátia P.; SANTOS, Vilma M. Metadados para o gerenciamento eletrônico de documentos de caráter arquivístico - GED/A: estudo comparativo de modelos e formulação de uma proposta preliminar. *DataGramaZero*, Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, ago. 2003. Disponível em: <http://www.dgz.org.br/ago03/F_I_art.htm>. Acesso em: 28 out. 2011.

TOLENTINO, Ricardo. *Aplicações WEB em XML: estágio atual e tendências futuras*. Belo Horizonte: Editora C/Arte, 2004.

TRONCY, R. et al. Mpeg-7 based multimedia ontologies: interoperability support or interoperability issue? In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTICS AND DIGITAL MEDIA TECHNOLOGIES, 2th, 2007, Genova. *Proceedings...* Berlin: Springer, 2007, p.2-16. Workshop on Multimedia Annotation and Retrieval enabled by Shared Ontologies

TSINARAKI, C.; POLYDOROS, P.; CHRISTODOULAKIS, S. Interoperability support for ontology-based video retrieval applications. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE AND VIDEO RETRIEVAL, 3th, 2005, Dublin. *Proceedings...* Dublin: [s.n.], 2005, p. 582–591.

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

USCHOLD, M.; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods an applications. *Knowledge Engineering Review*, [S.l.], v. 11, n. 2, 1996.

VACURA, M. et al. Describing low-level image features using the COMM ontology, In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON IMAGE PROCESSING, 15th, 2008, San Diego. *Proceedings...* [S.l.]: IEEE, 2008, pp. 49-52.

VALKANAS, G.; TSETOS, V.; HADJIEFTHYMIANES, S. The polysema MPEG-7 video annotator. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTICS AND DIGITAL MEDIA TECHNOLOGIES, 2nd, 2007, Genova. *Proceedings...* Berlin: Springer, 2007. *Demo*.

VAN HEIJST, G.; SCHREIBER, A.T.; WIELINGA, B. J. Using explicit ontologies in KBS development. *International Journal of Human – Computer Studies*, [S.l.], v. 46, n. 2-3, p. 183-292, Mar. 1997.

VELLUCI, Sherry L. Metadata. *Annual Review of Information Science and Technology (ARIST)*, [S.l.], v. 33, p. 189-222, 1998.

VEMBU, S. et al. Towards bridging the semantic gap in multimedia annotation and retrieval. In: INTERNATIONAL WORLD WIDE WEB CONFERENCE, 15th, 2006, Edinburgh. *Proceedings...* Edinburgh: [s.n.], 2006. Workshop on Semantic Web Annotations for Multimedia.

VICKERY, B.C. *Classificação e indexação nas ciências*. Rio de Janeiro: BNG/Brasilart, 1980. p. 187-224.

VICKERY, B. C. Ontologies. *Journal of Information Science*, [S.l.], v. 23, n. 4, p. 277-286, 1997.

VICKERY, B. A note on knowledge organisation. 2008. Disponível em: <http://www.iva.dk/bh/lifeboat_ko/CONCEPTS/Vickery_a_note_on_knowledge_organisation.htm> . Acesso: 30 abr. 2012.

VILCHES-BLÁZQUEZ, L. M. et al. GeoLinked data and INSPIRE through an application case. In: ACM SIGSPATIAL INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS, 18th, 2010, San Jose, California. *Proceedings...* [S.l.]: ACM, 2010, p. 446-449.

WELTY, C.; GUARINO, N. Supporting ontological analysis of taxonomic relationships. *Data and Knowledge Eng.*, [S.l.], v. 39, n. 1, p. 51-74, 2001.

WIELINGA, B. J.; SCHREIBER, A. T.; BREUKER, J.A. KADS:a modelling approach to knowledge engineering. *Knowledge Acquisition*, [S.l.], v. 4, n. 1, p. 5-53, Mar. 1992. Special issue on the KADS approach to knowledge engineering.

WYNAR, Bohdan S. *Introduction to cataloging and classification*. 7th ed. Littleton, Colorado: Libraries Unlimited Inc., 1985.

ZILLES, Urbano. Fundamentos ontológicos do conhecimento. In: _____. *Teoria do Conhecimento*. Porto Alegre: EDIPUCRS, 1998. cap. 2, p. 29-41.

APÊNDICE A - Requisitos para descrição de documentos multimídia

Os requisitos para descrição de documentos multimídia foram especificados a partir de elementos de parâmetro determinados a partir da composição de características dos padrões de metadados MPEG-7 (prefixo mpeg7:) e Dublin Core (prefixo dc:). As características inerentes a cada um desses padrões foram formalizadas em categorias de metadados denominadas: independentes de conteúdo (apresentados no Quadro 1), dependentes de conteúdo (apresentados nos Quadros de 2 a 4) e descritivos de conteúdo (apresentados nos Quadros de 5 a 8).

Quadro 1- Elementos de parâmetro para metadados independentes de conteúdo

Metadados administrativos		
Descrição sobre criação e produção da mídia		
Elemento	Descrição	Equivalência
dc:Identifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	mpeg7: EntityIdentifier
dc:Title	Nome formal dado à mídia.	-
mpeg7:MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	-
dc:Description	Descrição do conteúdo da mídia.	mpeg7:Creation.Abstract
dc:Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	-
dc:Contributor	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	mpeg7:Creation.Creator
dc:Publisher	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	mpeg7:Disseminator
dc:Source	Referência na qual a mídia se derivou.	mpeg7:MediaIdentification
dc:Relation	Referência para uma mídia relacionada.	mpeg7:RelatedMaterial
dc:Coverage	Cobertura ou escopo espaço-temporal relacionado ao conteúdo da mídia.	mpeg7:Location
dc:Data	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	mpeg7:Date.TimePoint
Descrição sobre classificação da mídia		
Elemento	Descrição	Equivalência
dc:Type	Natureza ou gênero do conteúdo da mídia.	mpeg7:Genre
dc:Subject	Assunto-chave relacionado ao conteúdo da mídia.	-
mpeg7: Purpose	Propósito concernente ao conteúdo da mídia.	-
dc:Language	Idioma relativo ao conteúdo da mídia.	-
mpeg7: Age	Classificação etária do conteúdo da mídia.	-
mpeg7: ParentalGuidance	Orientação para os pais frente ao conteúdo da mídia.	-
mpeg7: MediaReview	Avaliação subjetiva para o conteúdo da mídia.	-
Descrição sobre informação da mídia		
Elemento	Descrição	Equivalência
mpeg7: Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	-
mpeg7: Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	-
mpeg7:FileFormat	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi).	dc:Format
mpeg7: FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	-
mpeg7:VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	-
mpeg7:AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	-
mpeg7:SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	-
mpeg7:GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	-
mpeg7:OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	-
mpeg7:MediaDuration	Duração temporal da mídia.	-
Descrição sobre uso da mídia		
Elemento	Descrição	Equivalência
mpeg7:RightsID	Referência a autoridades ou detentores de gestão de direitos e proteção sobre a mídia.	dc:Rights
mpeg7:FinancialResults	Informação relacionada a custo de produção e renda resultante do uso do conteúdo.	-
mpeg7:Availability	Informação sobre entrega do conteúdo.	-
mpeg7:UsageRecord	Informação sobre uso do conteúdo.	-

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 2 - Elementos de parâmetro para metadados dependentes de conteúdo (a)

Metadados Visuais		
Estruturas Básicas		
Elemento	Descrição	
GridLayout	Divide a imagem em um conjunto de regiões retangulares de mesmo tamanho, de modo que cada região possa ser descrita separadamente, podendo ainda utilizar descritores tais como cor ou textura.	
VisualTimeSeries	Define séries temporais de descritores em um segmento de vídeo, fornecendo uma imagem associada a um quadro de vídeo.	
MultipleView	Especifica uma estrutura que combina descritores 2D representando características visuais de um objeto 3D visto de diferentes ângulos.	
Spatial2DCoordinateSystem	Especifica um sistema de coordenada espacial 2D para imagens ou quadros de vídeos.	
TemporalInterpolation	Descreve uma interpolação envolvendo valores de variáveis multidimensionais (um objeto posicionado em um vídeo, por exemplo) em um eixo de tempo.	
GoFGoPFeature	O <i>Group of Frames/Group of Pictures</i> descreve características visuais representativas de uma série de quadros de vídeos ou coleções de imagens.	
Cor		
Elemento	Descrição	
DominantColor	Usado principalmente para representar características locais (objeto ou região de imagem) relativas a cores dominantes na região de interesse.	
ScalableColor	Usado como histograma de cores no espaço de cor HSV (<i>hue, saturation, lightness</i> - representações baseadas no modelo de cor RGB – <i>red, green, blue</i>).	
ColorLayout	Usado para representar a distribuição espacial da cor de sinais visuais em um formato compactado. Aplicado a qualquer imagem estática ou quadro de vídeo, mesmo com formato e resolução diferentes.	
ColorStructure	Usado para capturar tanto o conteúdo de cor (semelhante a um histograma de cores) quanto informações sobre a estrutura deste conteúdo (grupos de pixels, por exemplo). Destinado principalmente para descrição e recuperação de imagens estáticas.	
ColorSpace	Usado para caracterizar os espaços de cor que podem ser usados em descrições visuais.	
GoFGoPColor	Usado como extensão ao descritor <i>ScalableColor</i> na descrição de cor de um segmento de vídeo ou uma coleção de imagens estáticas. O diferencial deste descritor está nos cálculos mais sofisticados envolvendo histograma de cores na captura de traços de cor “menos comum” em um grupo de imagens.	
ColorQuantization	Usado para definir uma quantização uniforme de um espaço de cor.	
Textura		
Elemento	Descrição	
HomogenousTexture	Usado para caracterizar as propriedades da textura em uma imagem (ou região), partindo do princípio que a textura é homogênea. Útil à recuperação por similaridade.	
TextureBrowsing	Usado para representar textura homogênea para aplicações do tipo navegação. Este descritor combinado com o descritor <i>HomogeneousTexture</i> fornece uma solução escalável para representação de regiões de textura homogêneas em imagens.	
EdgeHistogram	Usado para representar a distribuição espacial dos cinco tipos de bordas, sendo quatro bordas direcionadas e uma não direcionada. Tendo em vista que bordas desempenham um papel importante para a percepção da imagem, a sua descrição pode facilitar a recuperação de imagens com significado semântico similar. Útil na descrição de imagens da natureza.	

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 3 - Elementos de parâmetro para metadados dependentes de conteúdo (b)

Metadados Visuais		
	Forma	
	Elemento	Descrição
	RegionShape	Usado para descrever qualquer tipo de forma (um arranjo espacial de <i>pixels</i>) envolvendo uma única região ou um conjunto de regiões de um objeto; além de orifícios ou regiões separadas em um objeto.
	ContourShape	Usado para especificar um contorno fechado de uma região ou objeto 2D em uma imagem ou sequência de vídeo. O descritor usa a representação <i>Curvature Scale-Space</i> (CSS) que captura características significativas de percepção do sistema visual humano frente a forma.
	Shape3D	Usado para fornecer uma descrição intrínseca da forma para modelos 3D, considerando alguns atributos locais da superfície da dimensão.
	Perceptual3DShape	Usado para descrever partes de objetos 3D expressados por meio de um gráfico. A representação facilita a percepção humana frente ao objeto descrito. Consultas por esboço e editadas são funcionalidades suportadas pelo descritor, o que promove maior interação e eficiência na consulta e na recuperação de objetos 3D similares no contexto de um sistema de recuperação baseado em conteúdo.
	Movimento	
	Elemento	Descrição
	CameraMotion	Usado para descrever parâmetros de movimento de câmera que podem ser extraídos automaticamente ou generalizados por um dispositivo de captura. Exemplos de operações básicas de câmera: <i>fixed, panning, tracking, tilting, booming, zooming, dollying, and rolling</i> .
	MotionTrajectory	Utilizado para descrever informação de alto nível envolvendo a localização, espaço-temporal, de um ponto representativo de um objeto. Mostra-se útil para recuperação baseada em conteúdo em bancos de dados visuais orientados a objetos.
	ParametricMotion	Usado para descrever o movimento de objetos em sequências de vídeo como um modelo paramétrico 2D. Tal modelo está associado com objetos arbitrários, definidos como regiões (grupo de pixels) na imagem ao longo de um intervalo de tempo especificado.
	MotionActivity	Usado para capturar a noção intuitiva de intensidade da ação ou ritmo da ação em um segmento de vídeo, de modo a expressar de forma abrangente e com precisão a atividade de uma determinada sequência de vídeo. Mostra-se útil para aplicações envolvendo navegação rápida, vigilância, sumarização dinâmica de vídeo, consulta baseada em conteúdo, etc.
	Localização	
	Elemento	Descrição
	RegionLocator	Usado para localizar regiões dentro de imagens ou quadros especificando-as com representações breves e escaláveis em caixas ou polígonos.
	SpatioTemporalLocator	Usado para descrever regiões espaço-temporais em uma sequência de vídeo, tais como regiões de objetos em movimento. Fornece funcionalidades de localização.
	Reconhecimento de Rosto	
	Elemento	Descrição
	FaceRecognition	Usado para recuperar rostos que combinem com consultas envolvendo imagens faciais normalizadas.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 4 - Elementos de parâmetro para metadados dependentes de conteúdo (c)

Metadados para Áudio		
	Base Espectral	
	Elemento	Descrição
	AudioSpectrumBasis	Descreve uma série de funções de base que são derivadas da decomposição de valor singular de um espectro de potência normalizada.
	AudioSpectrumProjection	Descreve características de baixa dimensionalidade de um espectro após a projeção sobre uma base de classificação reduzida. Usado junto com o descritor <i>AudioSpectrumBasis</i> .
	Timbre Espectral	
	Elemento	Descrição
	SpectralCentroid	Descreve a média ponderada da frequência dos quadros no espectro de potência linear. Este descritor é similar ao <i>Audio Spectrum Centroid</i> , mas está mais relacionado ao timbre de instrumentos musicais.
	HarmonicSpectralCentroid	Descreve a média ponderada dos picos harmônicos do espectro. Este descritor tem significado parecido com os outros descritores Centroid, mas são aplicados especialmente a partes harmônicas de tons musicais.
	HarmonicSpectralDeviation	Descreve o desvio espectral dos componentes de amplitude logarítmica de um envelope espectral global.
	HarmonicSpectralSpread	Descreve o desvio padrão da amplitude ponderada dos picos harmônicos do espectro.
	HarmonicSpectralVariation	Descreve a correlação normalizada entre a amplitude dos picos harmônicos de dois quadros subsequentes do sinal.
	Timbre Temporal	
	Elemento	Descrição
	LogAttackTime	Descreve o tempo que se leva para a progressão de um nível de energia limiar para o nível de energia máximo do envelope de amplitude do sinal. Consegue distinguir sons bruscos de sons suaves.
	TemporalCentroid	Descreve o tempo médio sobre o envelope de amplitude do sinal. Representa em que ponto a energia do sinal se concentra e possibilita distinguir entre sons com ataque similar, mas com tempo de decaimento e suspensão diferentes. Por exemplo, uma nota executada por um piano e um órgão.
	Paramétricos de Sinal	
	Elemento	Descrição
	AudioFundamentalFrequency	Descreve a frequência fundamental do sinal, geralmente extraída através de técnicas chamadas de <i>pitch-tracking</i> .
	AudioHarmonicity	Descreve a harmonia do sinal, possibilitando a distinção entre tons musicais e fala, sons metálicos e ruído, por exemplo.
	Espectral Básico	
	Elemento	Descrição
	AudioSpectrumEnvelope	Descreve o espectro de potência do sinal, utilizado para visualização de espectrograma e como descritor geral para busca e comparação.
	AudioSpectrumCentroid	Descreve o centro de gravidade do espectro de potência espaçado de forma logarítmica, indicando onde o conteúdo espectral é dominado por altas e baixas frequências.
	AudioSpectrumSpread	Complementa os descritores, indicando se o espectro de potência está centrado próximo a Centroide ou espalhado pelo espectro, ajudando na distinção de tons puros e sons ruidosos.
	AudioSpectrumFlatness	Descreve as propriedades de nivelamento de um sinal de áudio para cada banda de frequência. Quando o vetor indica um alto desvio da forma espectral para uma determinada banda, pode indicar a presença de componentes tonais.
	Básico	
	Elemento	Descrição
	AudioWaveform	Descreve o envelope máximo e mínimo do sinal de áudio, tipicamente utilizado para visualização.
	AudioPower	Descreve um breve resumo do sinal.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 5 - Elementos de parâmetro para metadados descritivos de conteúdo (a)

Metadados para segmentos de mídia	
Descrição para segmento temporal	
Elemento	Descrição
AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.
VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.
AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.
TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, cena, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.
Descrição segmento espacial	
Elemento	Descrição
StillRegion	Descreve um segmento ou uma região em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.
StillRegion3D	Descreve um segmento ou uma região 3D em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.
SpatialSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos de imagem 2D, imagem 3D, vídeo, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.
Descrição para segmento espaço-temporal	
Elemento	Descrição
MovingRegion	Descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.
AudioVisualRegion	Descreve uma combinação complexa de conteúdo áudio e visual.
SpatioTemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, audiovisual, região em movimento e região audiovisual.
Descrição para segmento multimídia	
Elemento	Descrição
MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.
MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.
Descrição de elementos comuns para segmentos	
Elemento	Descrição
TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.
MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.
CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.
MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.
UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.
MediaLocator	Descreve o local onde o <i>recurso segmento</i> pode ser acessado.
Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 6 - Elementos de parâmetro para metadados descritivos de conteúdo (b)

Metadados para semântica de conteúdo		
Descrição para Evento		
	Elemento	Descrição
	Event	Descreve um evento concreto ou abstrato.
Descrição para Objeto		
	Elemento	Descrição
	Object	Descreve um objeto concreto ou abstrato.
Descrição para Agente		
	Elemento	Descrição
	AgentObject	Descreve pessoa, grupo de pessoas, organização ou objetos personalizados.
Descrição para Lugar		
	Elemento	Descrição
	SemanticPlace	Descreve um lugar num mundo narrativo.
Descrição para Tempo		
	Elemento	Descrição
	SemanticTime	Descreve um tempo num mundo narrativo.
Descrição para relações entre noções semânticas		
	Elemento	Descrição
	Graph	Descreve um conjunto de nós, apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações semânticas especificando o relacionamento entre os nós.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 7 - Elementos de parâmetro para metadados descritivos de conteúdo (c)

Metadados para personalização de conteúdo	
Descrição para navegação e acesso	
Elemento	Descrição
Summarization	Descreve, por meio de <i>links</i> , múltiplos sumários do mesmo conteúdo audiovisual, fornecendo diferentes níveis de detalhes para características de alto nível envolvendo objetos, eventos, enfim, entidades com noções semânticas.
SequentialSummary	Descreve um sumário composto de uma sequência de imagens ou quadros de vídeos, possivelmente sincronizados com áudio. Pode ser utilizado em apresentações de slides.
HierarchicalSummary	Descreve múltiplos níveis de sumários em segmentos temporais referenciados por videoclipes-chave, áudioclipes-chave, quadros-chave, sons-chave e temas-chave.
View	Descreve uma visão espacial ou de frequência (de uma banda particular) de um sinal de áudio ou de vídeo, permitindo, por exemplo, visões de baixa resolução demandas por tipos específicos de terminais ou dispositivos.
Variation	Descreve variações fidedignas de conteúdo audiovisual, tais como versões compactadas ou de baixa resolução, sumários, diferentes idiomas e modalidades diferentes (áudio, imagem, texto e etc.).
Descrição para organização de conteúdo	
Elemento	Descrição
StructuredCollection	Descreve coleções de conteúdo audiovisual ou partes de material audiovisual, tais como segmentos temporais de vídeo.
Model	Descreve representações para atributos e características de conteúdo audiovisual, incluindo funções estatísticas e probabilísticas.
Descrição para interação de usuário	
Elemento	Descrição
UserPreference	Descreve preferências para diferentes tipos de conteúdos e modos de navegação, incluindo dependência de contexto em relação a tempo e a lugar.
UsageHistory	Descreve a história de ações realizadas por um usuário de um sistema multimídia, possibilitando determinar suas preferências em relação ao conteúdo.

Fonte: elaborado pelo autor.

Quadro 8 - Elementos de parâmetro para metadados descritivos de conteúdo (d)

Metadados para características de alto nível envolvendo áudio	
Descrição para marcação de áudio	
Elemento	Descrição
AudioSignature	Descreve uma sumarização estatística de um sinal de áudio objetivando fornecer um identificador de conteúdo único para identificar automaticamente sinais de áudio.
Descrição para timbre de instrumento musical	
Elemento	Descrição
HarmonicInstrumentTimbre	Descreve a percepção de características de sons harmônicos sustentados combinados com os descritores de baixo nível LogAttackTime, HarmonicSpectralCentroid, HarmonicSpectralDeviation, HarmonicSpectralSpread e HarmonicSpectralVariation.
Descrição para melodia	
Elemento	Descrição
MelodyContour	Descreve quantizações de intervalos de notas adjacentes e informação rítmica básica.
MelodySequence	Descreve um conjunto de descritores endereçados a uma descrição melódica mais expressiva.
Descrição para indexação e reconhecimento de som	
Elemento	Descrição
SoundModel	Descreve uma série de estados envolvendo os descritores de baixo nível de <i>base espectral</i> (SpectrumBasis) em um modelo estatístico, como o de Markov ou de Gauss.
SoundClassificationModel	Descreve rótulos (gerados automaticamente por meio da combinação de modelos de sons - <i>SoundModel</i>) de segmentos de áudio usando esquemas de classificação, podendo descrever classes mais gerais (voz, música) bem como classes mais específicas (gênero masculino, feminino, instrumento violino, trompete, etc.).
SoundModelStatePath	Descreve uma sequência de índices para estados gerados por um modelo de som, dado um segmento de áudio.
SoundModelStateHistogram	Descreve um histograma normalizado de uma sequência de estado gerada por um modelo de som.
Descrição para conteúdo falado	
Elemento	Descrição
SpokenContentLattice	Descreve a decodificação produzida por tecnologias de reconhecimento automático de fala, como palavras, fonemas, etc.
SpokenContentHeader	Descreve informações sobre o reconhecimento de locutores, além do próprio instrumento de reconhecimento.

Fonte: elaborado pelo autor.

APÊNDICE B - Estratégia de busca adotada nas máquinas Watson online e Swoogle

Metadados Administrativos		
Termos-chave	Resultado da busca no Watson	Resultado da busca no Swoogle
MediaIdentification or Identifier	0; 60	12; 40
RelatedMaterial or Relation	0; 100	10; 361
FileFormat or Format	4; 182	41; 51
RightsID or Rights	0; 109	4; 47
MediaReview	0	4
VisualCoding	0	8
AudioCoding	0	16
SceneCodingFormat	0	4
GraphicsCodingFormat	0	4

Metadados Visuais		
Termos-chave	Resultado da busca no Watson	Resultado da busca no Swoogle
DominantColor	1	10
ColorStructure	1	6
HomogenousTexture	0	0
EdgeHistogram	0	2
Shape3D	0	6
RegionShape	0	3
MotionTrajectory	0	3
CameraMotion	0	3
SpatioTemporalLocator	0	4
FaceRecognition	2	1

Metadados para Áudio		
Termos-chave	Resultado da busca no Watson	Resultado da busca no Swoogle
SpectrumBasis	0	2
SpectralCentroid	0	3
TemporalCentroid	0	2
Harmonicity	0	2
SpectrumCentroid	0	2
Waveform	0	2

Metadados para Segmentos de Mídia		
Termos-chave	Resultado da busca no Watson	Resultado da busca no Swoogle
AudioSegment	1	15
VideoSegment	5	35
SpatialSegmentDecomposition	0	4
TemporalSegmentDecomposition	0	4
MultimediaSegment	1	5

Metadados para Semântica de Conteúdo		
Termos-chave	Resultado da busca no Watson	Resultado da busca no Swoogle
Event and multimedia	152	92
Object and multimedia	162	78
Place and multimedia	197	60
Time and multimedia	308	98

Metadados para Personalização de Conteúdo		
Termos-chave	Resultado da busca no Watson	Resultado da busca no Swoogle
Summarization and multimedia	0	12
Variation and multimedia	19	6
Collection and multimedia	193	31
UserPreferences and multimedia	0	5

Metadados para Características de Alto Nível envolvendo Áudio		
Termos-chave	Resultado da busca no Watson	Resultado da busca no Swoogle
AudioSignature	0	1
HarmonicInstrumentTimbre	0	1
SoundClassificationModel	0	1
SpokenContentLattice	0	1

APÊNDICE C - Relação do material usado para coleta e registro de dados

O material relacionado adiante corresponde às estruturas de análise confeccionadas na pesquisa para a coleta dos recursos de conhecimento referentes às nove ontologias selecionadas, em sequência: Media Ontology, COMM, ontologias do projeto Boemie, M3 Network Ontology (em especial a M3 Multimedia), M3O, MPEG-7 Hunter, MPEG-7 Rhizomik, ontologias do projeto SmartWeb, e Polysema MPEG-7. A análise de cada ontologia se fez frente às três tipologias de metadados determinadas na pesquisa, a saber: independentes de conteúdo, dependentes de conteúdo e descritivos de conteúdo.

Por fim, salienta-se que para as ontologias multimídia que não tiveram cobertura para alguma tipologia de metadados, o material de coleta não foi disponibilizado.

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7: MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	-	MediaResource.identifier (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	-	MediaResource.title (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7: MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	-	MediaResource.locator (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	-	MediaResource.Description (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	Agent	MediaResource.hasContributor.hasCreator (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	Agent	MediaResource.hasContributor (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Publisher mpeg7: UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	Agent	MediaResource.hasContributor.hasPublisher (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	-	MediaResource.hasRelatedResource.hasSource (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Relation mpeg7: CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	-	MediaResource.hasRelatedResource (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Coverage mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	Location	MediaResource.hasRelatedLocation (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Data mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date.TimePoint	Período associado a um evento relacionado ao conteúdo da mídia. Dados concernentes a tempo podem ser agregados.	-	MediaResource.date (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Metadados independentes de conteúdo: características de classificação da mídia							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Media Ontology		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
dc:Type mpeg7:CreationInformation.Classification.Genre	Natureza ou gênero do conteúdo da mídia.	-	MediaResource.hasGenre (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Subject mpeg7:CreationInformation.Classification.Subject	Assunto-chave relacionado ao conteúdo da mídia.	-	MediaResource.hasKeyword (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Purpose	Propósito concernente ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Language mpeg7:CreationInformation.Classification.Language	Idioma relativo ao conteúdo da mídia.	-	MediaResource.hasLanguage (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Target.Age	Classificação etária do conteúdo da mídia.	-	TargetAudience.hasClassification (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.ParentalGuidance	Orientação para os pais frente ao conteúdo da mídia.	TargetAudience	MediaResource.hasTargetAudience		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:CreationInformation.Classification.MediaReview	Avaliação subjetiva para o conteúdo da mídia.	Rating	MediaResource.hasRating		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	MediaResource	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	-	MediaResource.hasFormat (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	-	MediaResource.frameRate (a) MediaResource.frameSizeUnit (a) MediaResource.frameHeight (a) MediaResource.frameWidth (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	-	MediaResource.samplingRate (a) MediaResource.numberOfTracks (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	-	MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	-	MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	-	MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	-	MediaResource.duration (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de uso da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:UsageInformation.Rights.RightsID dc:Rights	Referência a autoridades ou detentores de gestão de direitos e proteção sobre a mídia.	-	hasCopyrightOver (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:UsageInformation.FinancialResults	Informação relacionada a custo de produção e renda resultante do uso do conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:UsageInformation.Availability	Informação sobre entrega do conteúdo.	-	MediaResource.hasPolicy (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:UsageInformation.UsageRecord	Informação sobre uso do conteúdo.	-	MediaResource.hasPolicy (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.	MediaResource. MediaFragment	MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.	MediaResource. MediaFragment	MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.	MediaResource. MediaFragment	MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, dentre outros.	MediaResource.MediaFragment. Track	MediaFragment.hasFragment. hasTrack (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espacial							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.StillRegion	Descreve um segmento ou uma região em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	MediaResource. MediaFragment	MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.StillRegion3D	Descreve um segmento ou uma região 3D em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatialSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos de imagem 2D, imagem 3D, vídeo, dentre outros.	MediaResource.MediaFragment. Track	MediaFragment.hasFragment. hasTrack (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espaço temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MovingRegion	Descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.	MediaResource. MediaFragment	MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.AudioVisualRegion	Descreve uma combinação complexa de conteúdo áudio e visual.	MediaResource. MediaFragment	MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.SpatioTemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, região em movimento e região audiovisual.	MediaResource.MediaFragment. Track	MediaFragment.hasFragment. hasTrack (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento multimídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.	MediaResource.MediaFragment	MediaResource.hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.	MediaResource.MediaFragment.Track	MediaFragment.hasFragment.hasTrack (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	-	MediaFragment.fragmentName (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	-	MediaResource.duration (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	-	MediaResource.hasContributor.hasCreator (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	-	MediaResource.hasFormat (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	-	MediaResource.hasPolicy (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o recurso segmento pode ser acessado.	-	MediaResource.locator (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	-	MediaResource.isRelatedTo (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			

Metadados descritivos para personalização de conteúdo: organização de conteúdo							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Media Ontology					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:StructuredCollection	Descreve coleções de conteúdo audiovisual ou partes de material audiovisual, tais como segmentos temporais de vídeo.	Collection	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Model	Descreve representações para atributos e características de conteúdo audiovisual, incluindo funções estatísticas e probabilísticas.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7: MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	unique-id-descriptor-parameter. unique-id-descriptor-type	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	unique-id-descriptor-parameter. unique-id-string	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7: MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	media-locator-descriptor-parameter. media-uri	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	unique-id-descriptor-parameter. authority	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Publisher mpeg7: UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	media-locator-descriptor-parameter. media-uri	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Relation mpeg7: CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	media-locator-descriptor-parameter. media-uri	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Coverage mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Data mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date.TimeP oint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	media-time-descriptor-parameter. media-time-point	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de classificação da mídia							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: COMM		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
dc:Type mpeg7:CreationInformation.Classification.Genre	Natureza ou gênero do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Ausente			
			-	-			
dc:Subject mpeg7:CreationInformation.Classification.Subject	Assunto-chave relacionado ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Ausente			
			-	-			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Purpose	Propósito concernente ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Ausente			
			-	-			
dc:Language mpeg7:CreationInformation.Classification.Language	Idioma relativo ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Target.Age	Classificação etária do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:CreationInformation.Classification.ParentalGuidance	Orientação para os pais frente ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:CreationInformation.Classification.MediaReview	Avaliação subjetiva para o conteúdo da mídia.	quality-rating-descriptor-parameter. quality-rating-type	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: COMM		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	media-format-descriptor-parameter. media-content	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	media-format-descriptor-parameter. medium	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	media-format-descriptor-parameter. file-format	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	media-format-descriptor-parameter. file-size	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão, resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	visual-coding-format-descriptor-parameter. visual-coding-format	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	audio-coding-descriptor-parameter. audio-coding-format	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	media-format-descriptor-parameter. scene-coding-format	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	media-format-descriptor-parameter. graphics-coding-format	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	media-format-descriptor-parameter. other-coding-format	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	media-time-descriptor-parameter. media-duration	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de uso da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:UsageInformation.Rights.RightsID dc:Rights	Referência a autoridades ou detentores de gestão de direitos e proteção sobre a mídia.	unique-id-descriptor-parameter.organization	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:UsageInformation.FinancialResults	Informação relacionada a custo de produção e renda resultante do uso do conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:UsageInformation.Availability	Informação sobre entrega do conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:UsageInformation.UsageRecord	Informação sobre uso do conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: estruturas básicas							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: COMM		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:VisualD.GridLayout	Divide a imagem em um conjunto de regiões retangulares de mesmo tamanho, de modo que cada região possa ser descrita separadamente, podendo ainda utilizar descritores tais como cor ou textura.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.VisualTimeSeries	Define séries temporais de descritores em um segmento de vídeo, fornecendo uma imagem associada a um quadro de vídeo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MultipleView	Especifica uma estrutura que combina descritores 2D representando características visuais de um objeto 3D visto de diferentes ângulos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Spatial2DCoordinateSystem	Especifica um sistema de coordenada espacial 2D para imagens ou quadros de vídeos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TemporalInterpolation	Descreve uma interpolação envolvendo valores de variáveis multidimensionais (um objeto posicionado em um vídeo, por exemplo) em um eixo de tempo.	localization-descriptor. temporal-interpolation-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPFeature	O <i>Group of Frames/Group of Pictures</i> descreve características visuais representativas de uma série de quadros de vídeos ou coleções de imagens.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: cor							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.DominantColor	Usado principalmente para representar características locais (objeto ou região de imagem) relativas a cores dominantes na região de interesse.	color-descriptor.dominant-color-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ScalableColor	Usado como histograma de cores no espaço de cor HSV (<i>hue</i> , <i>saturation</i> , <i>lightness</i> - representações baseadas no modelo de cor RGB – <i>red</i> , <i>green</i> , <i>blue</i>).	color-descriptor.scalable-color-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorLayout	Usado para representar a distribuição espacial da cor de sinais visuais em um formato compactado. Aplicado a qualquer imagem estática ou quadro de vídeo, mesmo com formato e resolução diferentes.	color-descriptor.color-layout-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorStructure	Usado para capturar tanto o conteúdo de cor (semelhante a um histograma de cores) quanto informações sobre a estrutura deste conteúdo (grupos de pixels, por exemplo). Destinado principalmente para descrição e recuperação de imagens estáticas.	color-descriptor.color-structure-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorSpace	Usado para caracterizar os espaços de cor que podem ser usados em descrições visuais.	descriptor.nested-visual-descriptor.color-space-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPColor	Usado como extensão ao descritor <i>ScalableColor</i> na descrição de cor de um segmento de vídeo ou uma coleção de imagens estáticas. O diferencial deste descritor está nos cálculos mais sofisticados envolvendo histograma de cores na captura de traços de cor “menos comum” em um grupo de imagens.	color-descriptor.gof-gop-color-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorQuantization	Usado para definir uma quantização uniforme de um espaço de cor.	descriptor.nested-visual-descriptor.color-quantization-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: textura							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.HomogeneousTexture	Usado para caracterizar as propriedades da textura em uma imagem (ou região), partindo do princípio que a textura é homogênea. Útil à recuperação por similaridade.	texture-descriptor.homogeneous-texture-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TextureBrowsing	Usado para representar textura homogênea para aplicações do tipo navegação. Este descritor combinado com o descritor HomogeneousTexture fornece uma solução escalável para representação de regiões de textura homogêneas em imagens.	texture-descriptor.texture-browsing-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.EdgeHistogram	Usado para representar a distribuição espacial dos cinco tipos de bordas, sendo quatro bordas direcionadas e uma não direcionada. Tendo em vista que bordas desempenham um papel importante para a percepção da imagem, a sua descrição pode facilitar a recuperação de imagens com significado semântico similar. Útil na descrição de imagens da natureza.	texture-descriptor.edge-histogram-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: forma							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: COMM		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:VisualD.RegionShape	Usado para descrever qualquer tipo de forma (um arranjo espacial de <i>pixels</i>) envolvendo uma única região ou um conjunto de regiões de um objeto; além de orifícios ou regiões separadas em um objeto.	shape-descriptor.region-shape-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ContourShape	Usado para especificar um contorno fechado de uma região ou objeto 2D em uma imagem ou sequência de vídeo. O descritor usa a representação <i>Curvature Scale-Space</i> (CSS) que captura características significativas de percepção do sistema visual humano frente a forma.	shape-descriptor.contour-shape-description	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Shape3D	Usado para fornecer uma descrição intrínseca da forma para modelos 3D, considerando alguns atributos locais da superfície da dimensão.	shape-descriptor.shape-3d-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Perceptual3DShape	Usado para descrever partes de objetos 3D expressados por meio de um gráfico. A representação facilita a percepção humana frente ao objeto descrito. Consultas por esboço e editadas são funcionalidades suportadas pelo descritor, o que promove maior interação e eficiência na consulta e na recuperação de objetos 3D similares no contexto de um sistema de recuperação baseado em conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: movimento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.CameraMotion	Usado para descrever parâmetros de movimento de câmera que podem ser extraídos automaticamente ou generalizados por um dispositivo de captura. Exemplos de operações básicas de câmera: <i>fixed, panning, tracking, tilting, booming, zooming, dollying, and rolling.</i>	motion-descriptor.camera-motion-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionTrajectory	Utilizado para descrever informação de alto nível envolvendo a localização, espaço-temporal, de um ponto representativo de um objeto. Mostra-se útil para recuperação baseada em conteúdo em bancos de dados visuais orientados a objetos.	motion-descriptor.motion-trajectory-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ParametricMotion	Usado para descrever o movimento de objetos em sequências de vídeo como um modelo paramétrico 2D. Tal modelo está associado com objetos arbitrários, definidos como regiões (grupo de pixels) na imagem ao longo de um intervalo de tempo especificado.	motion-descriptor.parametric-motion-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionActivity	Usado para capturar a noção intuitiva de intensidade da ação ou ritmo da ação em um segmento de vídeo, de modo a expressar de forma abrangente e com precisão a atividade de uma determinada sequência de vídeo. Mostra-se útil para aplicações envolvendo navegação rápida, vigilância, sumarização dinâmica de vídeo, consulta baseada em conteúdo, etc.	motion-descriptor.motion-activity-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: localização							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionLocator	Usado para localizar regiões dentro de imagens ou quadros especificando-as com representações breves e escaláveis em caixas ou polígonos.	localization-descriptor.region-locator-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.SpatioTemporalLocator	Usado para descrever regiões espaço-temporais em uma sequência de vídeo, tais como regiões de objetos em movimento. Fornece funcionalidades de localização.	localization-descriptor.spatio-temporal-locator-descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: reconhecimento de rosto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.FaceRecognition	Usado para recuperar rostos que combinem com consultas envolvendo imagens faciais normalizadas.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.	situation.segment-decomposition.temporal-segment-decomposition. video-segment-temporal-decomposition	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, cena, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	situation.segment-decomposition. temporal-segment-decomposition	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espacial							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: COMM		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:Segment.StillRegion	Descreve um segmento ou uma região em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	situation.segment-decomposition.spacial-segment-decomposition.still-region-spatial-decomposition	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.StillRegion3D	Descreve um segmento ou uma região 3D em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatialSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos de imagem 2D, imagem 3D, vídeo, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	situation.segment-decomposition.spacial-segment-decomposition	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espaço temporal

Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MovingRegion	Descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.AudioVisualRegion	Descreve uma combinação complexa de conteúdo áudio e visual.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatioTemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, audiovisual, região em movimento e região audiovisual.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento multimídia

Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.	situation.segment-decomposition.media-source-segment-decomposition	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.	situation.segment-decomposition	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	role.processing-role. output.role.semantic-label-role	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	structured-data-parameter.localization-descriptor-parameter.media-time-descriptor-parameter.media-duration . media-time-descriptor-parameter.media-time-point	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	structured-data-descriptor.descriptor.nested-media-descriptor.unique-id-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	structured-data-descriptor.descriptor.media-descriptor.media-format-descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	unique-id-descriptor-parameter.organization	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o <i>recurso segmento</i> pode ser acessado.	media-locator-descriptor-parameter.media-uri	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	concept.role.root-segment-role	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: evento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Event	Descreve um evento concreto ou abstrato.	dolce-very-lite:particular.spatio-temporal-particular.perdurant	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: objeto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object	Descreve um objeto concreto ou abstrato.	dolce-very-lite:particular.spatio-temporal-particular.endurant	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: agente							
Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object.AgentObject	Descreve pessoa, grupo de pessoas, organização ou objetos personalizados.	dolce-very-lite:particular.spatio-temporal-particular.endurant.agent	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: lugar

Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticPlace	Descreve um lugar num mundo narrativo.	dolce-very-lite:particular.abstract.region. physical-region.space-region	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: tempo

Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticTime	Descreve um tempo num mundo narrativo.	dolce-very-lite:particular.abstract. region. temporal-region	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: relações entre noções semânticas

Requisitos Funcionais		Ontologia: COMM					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBag.Graph	Descreve um conjunto de nós, apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações semânticas especificando o relacionamento entre os nós.	-	dolce-very-lite:participant		-	Não	Sim
			...				
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia

Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7: MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	mco:MCO_Thing. MultimediaContentItem	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7: MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	-	mco:MCO_Thing.MultimediaContentItem. hasURL (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Publisher mpeg7: UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Relation mpeg7: CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Coverage mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Data mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date.TimePoint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	mco:MCO_Thing. MultimediaContentItem	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	-	mco:hasDescriptorsFile (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	-	mco:hasDescriptorsFile (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat. GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: estruturas básicas							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: projeto Boemie		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:VisualD.GridLayout	Divide a imagem em um conjunto de regiões retangulares de mesmo tamanho, de modo que cada região possa ser descrita separadamente, podendo ainda utilizar descritores tais como cor ou textura.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.VisualTimeSeries	Define séries temporais de descritores em um segmento de vídeo, fornecendo uma imagem associada a um quadro de vídeo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MultipleView	Especifica uma estrutura que combina descritores 2D representando características visuais de um objeto 3D visto de diferentes ângulos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Spatial2DCoordinateSystem	Especifica um sistema de coordenada espacial 2D para imagens ou quadros de vídeos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TemporalInterpolation	Descreve uma interpolação envolvendo valores de variáveis multidimensionais (um objeto posicionado em um vídeo, por exemplo) em um eixo de tempo.	mdo:Adds. Adds_for_VisualDescriptors. Adds_for_MotionDescriptors. TemporalInterpolationType	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPFeature	O <i>Group of Frames/Group of Pictures</i> descreve características visuais representativas de uma série de quadros de vídeos ou coleções de imagens.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: cor

Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.DominantColor	Usado principalmente para representar características locais (objeto ou região de imagem) relativas a cores dominantes na região de interesse.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor. DominantColor_Descriptor	mdo:has DominantColor (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.ScalableColor	Usado como histograma de cores no espaço de cor HSV (<i>hue, saturation, lightness</i> - representações baseadas no modelo de cor RGB – <i>red, green, blue</i>).	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor. ScalableColor_Descriptor	mdo:has ScalableColor (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.ColorLayout	Usado para representar a distribuição espacial da cor de sinais visuais em um formato compactado. Aplicado a qualquer imagem estática ou quadro de vídeo, mesmo com formato e resolução diferentes.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor. ColorLayout_Descriptor	mdo:has ColorLayout (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.ColorStructure	Usado para capturar tanto o conteúdo de cor (semelhante a um histograma de cores) quanto informações sobre a estrutura deste conteúdo (grupos de pixels, por exemplo). Destinado principalmente para descrição e recuperação de imagens estáticas.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor. ColorStructure_Descriptor	mdo:has ColorStructure (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.ColorSpace	Usado para caracterizar os espaços de cor que podem ser usados em descrições visuais.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor. ColorSpace_Descriptor	mdo:has ColorSpace (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.GoFGoPColor	Usado como extensão ao descritor <i>ScalableColor</i> na descrição de cor de um segmento de vídeo ou uma coleção de imagens estáticas. O diferencial deste descritor está nos cálculos mais sofisticados envolvendo histograma de cores na captura de traços de cor “menos comum” em um grupo de imagens.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor. GoFGoPColor_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorQuantization	Usado para definir uma quantização uniforme de um espaço de cor.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor. ColorQuantization_Descriptor	mdo:has ColorQuantizationKind (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: textura							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: projeto Boemie		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:VisualD.HomogeneousTexture	Usado para caracterizar as propriedades da textura em uma imagem (ou região), partindo do princípio que a textura é homogênea. Útil à recuperação por similaridade.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Texture_Descriptor. HomogeneousTexture_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TextureBrowsing	Usado para representar textura homogênea para aplicações do tipo navegação. Este descritor combinado com o descritor HomogeneousTexture fornece uma solução escalável para representação de regiões de textura homogêneas em imagens.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Texture_Descriptor. TextureBrowsing_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.EdgeHistogram	Usado para representar a distribuição espacial dos cinco tipos de bordas, sendo quatro bordas direcionadas e uma não direcionada. Tendo em vista que bordas desempenham um papel importante para a percepção da imagem, a sua descrição pode facilitar a recuperação de imagens com significado semântico similar. Útil na descrição de imagens da natureza.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Texture_Descriptor. EdgeComponentsHistogram_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: forma							
Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionShape	Usado para descrever qualquer tipo de forma (um arranjo espacial de <i>pixels</i>) envolvendo uma única região ou um conjunto de regiões de um objeto; além de orifícios ou regiões separadas em um objeto.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Shape_Descriptor.TwoDimensional_Descriptor. RegionShape_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ContourShape	Usado para especificar um contorno fechado de uma região ou objeto 2D em uma imagem ou sequência de vídeo. O descritor usa a representação <i>Curvature Scale-Space</i> (CSS) que captura características significativas de percepção do sistema visual humano frente a forma.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Shape_Descriptor.TwoDimensional_Descriptor. ContourShape_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Shape3D	Usado para fornecer uma descrição intrínseca da forma para modelos 3D, considerando alguns atributos locais da superfície da dimensão.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Shape_Descriptor.ThreeDimensional_Descriptor. Shape3D_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Perceptual3DShape	Usado para descrever partes de objetos 3D expressados por meio de um gráfico. A representação facilita a percepção humana frente ao objeto descrito. Consultas por esboço e editadas são funcionalidades suportadas pelo descritor, o que promove maior interação e eficiência na consulta e na recuperação de objetos 3D similares no contexto de um sistema de recuperação baseado em conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: movimento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.CameraMotion	Usado para descrever parâmetros de movimento de câmera que podem ser extraídos automaticamente ou generalizados por um dispositivo de captura. Exemplos de operações básicas de câmera: <i>fixed, panning, tracking, tilting, booming, zooming, dollying, and rolling.</i>	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Motion_Descriptor. CamaraMotion_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionTrajectory	Utilizado para descrever informação de alto nível envolvendo a localização, espaço-temporal, de um ponto representativo de um objeto. Mostra-se útil para recuperação baseada em conteúdo em bancos de dados visuais orientados a objetos.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Motion_Descriptor. MotionTrajectory_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ParametricMotion	Usado para descrever o movimento de objetos em sequências de vídeo como um modelo paramétrico 2D. Tal modelo está associado com objetos arbitrários, definidos como regiões (grupo de pixels) na imagem ao longo de um intervalo de tempo especificado.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Motion_Descriptor. ParametricMotion_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionActivity	Usado para capturar a noção intuitiva de intensidade da ação ou ritmo da ação em um segmento de vídeo, de modo a expressar de forma abrangente e com precisão a atividade de uma determinada sequência de vídeo. Mostra-se útil para aplicações envolvendo navegação rápida, vigilância, sumarização dinâmica de vídeo, consulta baseada em conteúdo, etc.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Motion_Descriptor. MotionActivity_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: localização							
Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionLocator	Usado para localizar regiões dentro de imagens ou quadros especificando-as com representações breves e escaláveis em caixas ou polígonos.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Localization_Descriptor. RegionLocator_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.SpatioTemporalLocator	Usado para descrever regiões espaço-temporais em uma sequência de vídeo, tais como regiões de objetos em movimento. Fornece funcionalidades de localização.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Localization_Descriptor. Spatio-temporalLocator_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: reconhecimento de rosto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.FaceRecognition	Usado para recuperar rostos que combinem com consultas envolvendo imagens faciais normalizadas.	mdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Other_Descriptor.FaceRecognition_Descriptor	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo para áudio: paramétricos de sinal							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: projeto Boemie		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:AudioD.AudioFundamentalFrequency	Descreve a frequência fundamental do sinal, geralmente extraída através de técnicas chamadas de <i>pitch-tracking</i> .	mdo:Multimedia_Descriptor.Audio_Descriptor.LL_Audio_Descriptor.Signal_Parameter_Descriptor. Fundamental_Frequency_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.AudioHarmonicity	Descreve a harmonia do sinal, possibilitando a distinção entre tons musicais e fala, sons metálicos e ruído, por exemplo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento temporal

Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.	mco:MCO_Thing.MultimediaSegment.TimeSegment. AudioSegment	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.	mco:MCO_Thing.MultimediaSegment.TimeSegment. VideoSegment	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.	mco:MCO_Thing.MultimediaSegment.TimeSegment. AudioVisualSegment	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, cena, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	-	mco:has SegmentDecomposition (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espacial

Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.StillRegion	Descreve um segmento ou uma região em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	mco:MCO_Thing.MultimediaSegment.SpaceSegment.StillRegion	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.StillRegion3D	Descreve um segmento ou uma região 3D em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatialSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos de imagem 2D, imagem 3D, vídeo, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	-	mco:hasSegmentDecomposition (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espaço temporal

Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MovingRegion	Descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.	mco:MCO_Thing.MultimediaSegment.SpaceTimeSegment. MovingRegion	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.AudioVisualRegion	Descreve uma combinação complexa de conteúdo áudio e visual.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatioTemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, audiovisual, região em movimento e região audiovisual.	-	mco:hasSegmentDecomposition (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento multimídia

Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.	mco:MCO_Thing.MultimediaSegment	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.	-	mco:hasSegmentDecomposition (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos

Requisitos Funcionais		Ontologia: projeto Boemie					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	-	mco:depicts (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	mco:MCO_Thing.SegmentLocator.TimeLocator	.TimeLocator.hasOffset.hasStartOffset (a)		-	Sim	Não
			.TimeLocator.hasOffset.hasEndOffset (a)				
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	-	mco:hasDescriptorsFile (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o <i>recurso segmento</i> pode ser acessado.	-	mmco:MCO_Thing.MultimediaSegment.hasSegmentLocator		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	-	mco:embeds (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7: MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	-	ma-ont:MediaResource. identifier (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	-	ma-ont:MediaResource. title (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance. MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	-	ma-ont:MediaResource. locator (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	-	ma-ont:MediaResource. description (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	ma-ont:Agent	ma-ont:MediaResource.hasContributor. hasCreator (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	ma-ont:Agent	ma-ont:MediaResource. hasContributor (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Publisher mpeg7: UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	ma-ont:Agent	ma-ont:MediaResource.hasContributor. hasPublisher (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	-	Transcodification. hasOrigin (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Relation mpeg7: CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator. MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	-	ma-ont:MediaResource. isRelatedTo (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Coverage mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	ma-ont:Location	ma-ont:MediaResource. hasRelatedLocation (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Data mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates. Date.TimePoint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	-	ma-ont:MediaResource. date (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Metadados independentes de conteúdo: características de classificação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Type mpeg7:CreationInformation.Classification.Genre	Natureza ou gênero do conteúdo da mídia.	-	ma-ont:MediaResource.hasgenre (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Subject mpeg7:CreationInformation.Classification.Subject	Assunto-chave relacionado ao conteúdo da mídia.	-	ma-ont:MediaResource.hasKeyword (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Purpose	Propósito concernente ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Language mpeg7:CreationInformation.Classification.Language	Idioma relativo ao conteúdo da mídia.	languagecode:Language	ma-ont:MediaResource.hasLanguage (r)		Sim	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Target.Age	Classificação etária do conteúdo da mídia.	-	ma-ont:TargetAudience.hasClassification		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.ParentalGuidance	Orientação para os pais frente ao conteúdo da mídia.	ma-ont:TargetAudience	ma-ont:MediaResource.hasTargetAudience		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:CreationInformation.Classification.MediaReview	Avaliação subjetiva para o conteúdo da mídia.	ma-ont:Rating	ma-ont:MediaResource.hasRating		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: M3 Multimedia		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	ma-ont:MediaResource	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	MediaFormat	ma-ont:MediaResource.hasFormat (r)		Sim	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	-	ma-ont:VideoTrack.frameRate (a) ma-ont:Video.numberOffFrames (a) ma-ont:MediaResource.frameSizeUnit (a) ma-ont:MediaResource.frameHeight (a) ma-ont:MediaResource.frameWidth (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	-	ma-ont:AudioTrack.samplingRate (a) ma-ont:MediaResource.numberOffTracks (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	-	ma-ont:MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	-	ma-ont:MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	-	ma-ont:MediaResource.hasCompression (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	-	ma-ont:MediaResource.duration (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de uso da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:UsageInformation.Rights.RightsID dc:Rights	Referência a autoridades ou detentores de gestão de direitos e proteção sobre a mídia.	-	ma-ont:MediaResource.copyright (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:UsageInformation.FinancialResults	Informação relacionada a custo de produção e renda resultante do uso do conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:UsageInformation.Availability	Informação sobre entrega do conteúdo.	MultimediaLicense	ma-ont:MediaResource.hasLicense (r)		Sim	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:UsageInformation.UsageRecord	Informação sobre uso do conteúdo.	MultimediaLicense	ma-ont:MediaResource.hasLicense (r)		Sim	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: estruturas básicas							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: M3 Multimedia		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:VisualD.GridLayout	Divide a imagem em um conjunto de regiões retangulares de mesmo tamanho, de modo que cada região possa ser descrita separadamente, podendo ainda utilizar descritores tais como cor ou textura.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.VisualTimeSeries	Define séries temporais de descritores em um segmento de vídeo, fornecendo uma imagem associada a um quadro de vídeo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MultipleView	Especifica uma estrutura que combina descritores 2D representando características visuais de um objeto 3D visto de diferentes ângulos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Spatial2DCoordinateSystem	Especifica um sistema de coordenada espacial 2D para imagens ou quadros de vídeos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TemporalInterpolation	Descreve uma interpolação envolvendo valores de variáveis multidimensionais (um objeto posicionado em um vídeo, por exemplo) em um eixo de tempo.	vdo:Adds. Adds_for_VisualDescriptors. Adds_for_MotionDescriptors. TemporalInterpolationType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPFeature	O <i>Group of Frames/Group of Pictures</i> descreve características visuais representativas de uma série de quadros de vídeos ou coleções de imagens.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: cor

Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.DominantColor	Usado principalmente para representar características locais (objeto ou região de imagem) relativas a cores dominantes na região de interesse.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor.DominantColor_Descriptor	vdo:hasDominantColor (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.ScalableColor	Usado como histograma de cores no espaço de cor HSV (<i>hue, saturation, lightness</i> - representações baseadas no modelo de cor RGB – <i>red, green, blue</i>).	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor.ScalableColor_Descriptor	vdo:hasScalableColor (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.ColorLayout	Usado para representar a distribuição espacial da cor de sinais visuais em um formato compactado. Aplicado a qualquer imagem estática ou quadro de vídeo, mesmo com formato e resolução diferentes.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor.ColorLayout_Descriptor	vdo:hasColorLayout (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.ColorStructure	Usado para capturar tanto o conteúdo de cor (semelhante a um histograma de cores) quanto informações sobre a estrutura deste conteúdo (grupos de pixels, por exemplo). Destinado principalmente para descrição e recuperação de imagens estáticas.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor.ColorStructure_Descriptor	vdo:hasColorStructure (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.ColorSpace	Usado para caracterizar os espaços de cor que podem ser usados em descrições visuais.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor.ColorSpace_Descriptor	vdo:hasColorSpace (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:VisualD.GoFGoPColor	Usado como extensão ao descritor <i>ScalableColor</i> na descrição de cor de um segmento de vídeo ou uma coleção de imagens estáticas. O diferencial deste descritor está nos cálculos mais sofisticados envolvendo histograma de cores na captura de traços de cor “menos comum” em um grupo de imagens.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor.GoFGoPColor_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorQuantization	Usado para definir uma quantização uniforme de um espaço de cor.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Color_Descriptor.ColorQuantization_Descriptor	vdo:hasColorQuantizationKind (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: textura							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.HomogeneousTexture	Usado para caracterizar as propriedades da textura em uma imagem (ou região), partindo do princípio que a textura é homogênea. Útil à recuperação por similaridade.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Texture_Descriptor. HomogeneousTexture_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TextureBrowsing	Usado para representar textura homogênea para aplicações do tipo navegação. Este descritor combinado com o descritor HomogeneousTexture fornece uma solução escalável para representação de regiões de textura homogêneas em imagens.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Texture_Descriptor. TextureBrowsing_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.EdgeHistogram	Usado para representar a distribuição espacial dos cinco tipos de bordas, sendo quatro bordas direcionadas e uma não direcionada. Tendo em vista que bordas desempenham um papel importante para a percepção da imagem, a sua descrição pode facilitar a recuperação de imagens com significado semântico similar. Útil na descrição de imagens da natureza.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Texture_Descriptor. EdgeComponentsHistogram_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: forma							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionShape	Usado para descrever qualquer tipo de forma (um arranjo espacial de <i>pixels</i>) envolvendo uma única região ou um conjunto de regiões de um objeto; além de orifícios ou regiões separadas em um objeto.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Shape_Descriptor.TwoDimensional_Descriptor. RegionShape_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-				
mpeg7:VisualD.ContourShape	Usado para especificar um contorno fechado de uma região ou objeto 2D em uma imagem ou sequência de vídeo. O descritor usa a representação <i>Curvature Scale-Space</i> (CSS) que captura características significativas de percepção do sistema visual humano frente a forma.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Shape_Descriptor.TwoDimensional_Descriptor. ContourShape_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Shape3D	Usado para fornecer uma descrição intrínseca da forma para modelos 3D, considerando alguns atributos locais da superfície da dimensão.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor.Shape_Descriptor.ThreeDimensional_Descriptor. Shape3D_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Perceptual3DShape	Usado para descrever partes de objetos 3D expressados por meio de um gráfico. A representação facilita a percepção humana frente ao objeto descrito. Consultas por esboço e editadas são funcionalidades suportadas pelo descritor, o que promove maior interação e eficiência na consulta e na recuperação de objetos 3D similares no contexto de um sistema de recuperação baseado em conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: movimento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.CameraMotion	Usado para descrever parâmetros de movimento de câmera que podem ser extraídos automaticamente ou generalizados por um dispositivo de captura. Exemplos de operações básicas de câmera: <i>fixed, panning, tracking, tilting, booming, zooming, dollying, and rolling.</i>	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Motion_Descriptor. CamaraMotion_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionTrajectory	Utilizado para descrever informação de alto nível envolvendo a localização, espaço-temporal, de um ponto representativo de um objeto. Mostra-se útil para recuperação baseada em conteúdo em bancos de dados visuais orientados a objetos.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Motion_Descriptor. MotionTrajectory_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ParametricMotion	Usado para descrever o movimento de objetos em sequências de vídeo como um modelo paramétrico 2D. Tal modelo está associado com objetos arbitrários, definidos como regiões (grupo de pixels) na imagem ao longo de um intervalo de tempo especificado.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Motion_Descriptor. ParametricMotion_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionActivity	Usado para capturar a noção intuitiva de intensidade da ação ou ritmo da ação em um segmento de vídeo, de modo a expressar de forma abrangente e com precisão a atividade de uma determinada sequência de vídeo. Mostra-se útil para aplicações envolvendo navegação rápida, vigilância, sumarização dinâmica de vídeo, consulta baseada em conteúdo, etc.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Motion_Descriptor. MotionActivity_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: localização							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionLocator	Usado para localizar regiões dentro de imagens ou quadros especificando-as com representações breves e escaláveis em caixas ou polígonos.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Localization_Descriptor. RegionLocator_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.SpatioTemporalLocator	Usado para descrever regiões espaço-temporais em uma sequência de vídeo, tais como regiões de objetos em movimento. Fornece funcionalidades de localização.	vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Localization_Descriptor. Spatio-temporalLocator_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: reconhecimento de rosto							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: M3 Multimedia		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:VisualD.FaceRecognition	Usado para recuperar rostos que combinem com consultas envolvendo imagens faciais normalizadas.		vdo:Multimedia_Descriptor.Visual_Descriptor. Other_Descriptor.FaceRecognition_Descriptor				
		Domínio	Escopo				
		-	-				

Metadados dependentes de conteúdo para áudio: paramétricos de sinal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:AudioD.AudioFundamentalFrequency	Descreve a frequência fundamental do sinal, geralmente extraída através de técnicas chamadas de <i>pitch-tracking</i> .	vdo:Multimedia_Descriptor.Audio_Descriptor.LL_Audio_Descriptor.Signal_Parameter_Descriptor. Fundamental_Frequency_Descriptor	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.AudioHarmonicity	Descreve a harmonia do sinal, possibilitando a distinção entre tons musicais e fala, sons metálicos e ruído.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment	ma-ont:MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment	ma-ont:MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment	ma-ont:MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, cena, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment. Track	ma-ont:MediaFragment.hasFragment. hasTrack (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espacial							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.StillRegion	Descreve um segmento ou uma região em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment	ma-ont:MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.StillRegion3D	Descreve um segmento ou uma região 3D em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatialSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos de imagem 2D, imagem 3D, vídeo, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment. Track	ma-ont:MediaFragment.hasFragment. hasTrack (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espaço temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MovingRegion	Descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment	ma-ont:MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.AudioVisualRegion	Descreve uma combinação complexa de conteúdo áudio e visual.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment	ma-ont:MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.SpatioTemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, audiovisual, região em movimento e região audiovisual.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment. Track	ma-ont:MediaFragment.hasFragment. hasTrack (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento multimídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment	ma-ont:MediaResource. hasFragment (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.	ma-ont:MediaResource. MediaFragment. Track	ma-ont:MediaFragment.hasFragment. hasTrack (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	M3:Domain	M3:hasdomain (r)		Sim	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	-	ma-ont:MediaFragment.startTimeCode (a) ma-ont:MediaFragment.finishTimeCode (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	-	ma-ont:MediaResource.hasContributor. hasCreator (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	MediaFormat	ma-ont:MediaResource.hasFormat (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	MultimediaLicense	ma-ont:MediaResource.hasLicense (r)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o <i>recurso segmento</i> pode ser acessado.	-	ma-ont:MediaResource.locator (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	-	ma-ont:MediaResource.isRelatedTo (r)		-	Sim	Sim
			Sim	Sim			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: evento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Event	Descreve um evento concreto ou abstrato.	DUL:Entity. Event	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: objeto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object	Descreve um objeto concreto ou abstrato.	DUL:Entity. Object	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: agente							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object.AgentObject	Descreve pessoa, grupo de pessoas, organização ou objetos personalizados.	DUL:Entity.Object. Agent	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: lugar							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticPlace	Descreve um lugar num mundo narrativo.	DUL:Entity.Abstract.Region. SpaceRegion	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: tempo							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticTime	Descreve um tempo num mundo narrativo.	DUL:Entity.Abstract.Region. TimeInterval	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: relações entre noções semânticas							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBag. Graph	Descreve um conjunto de nós, apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações semânticas especificando o relacionamento entre os nós.	-	COMM.temporal-relations-very-lite: temporal-relation.precedes (r) DUL:hasPart (r) DUL:overlaps (r) DUL:hasConstituent (r) DUL:hasParticipant (r)		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos para características de alto nível envolvendo áudio: conteúdo falado							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:AudioDS.SpokenContentLattice	Descreve a decodificação produzida por tecnologias de reconhecimento automático de fala, como palavras, fonemas, etc.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:SpokenContentHeader	Descreve informações sobre o reconhecimento de locutores, além do próprio instrumento de reconhecimento.	vdo:Multimedia_Descriptor. Audio_Descriptor.HL_Audio_Descriptor. Spoken_Content_Descriptor. Voice	-		Sim	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para personalização de conteúdo: navegação e acesso							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Summarization	Descreve, por meio de <i>links</i> , múltiplos sumários do mesmo conteúdo audiovisual, fornecendo diferentes níveis de detalhes para características de alto nível envolvendo objetos, eventos, enfim, entidades com noções semânticas.	-	ma-ont:MediaResource.description.M3:summary (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:SequentialSummary	Descreve um sumário composto de uma sequência de imagens ou quadros de vídeos, possivelmente sincronizados com áudio. Pode ser utilizado em apresentações de slides.	-	ma-ont:MediaResource.description.M3:summary (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:HierarchicalSummary	Descreve múltiplos níveis de sumários em segmentos temporais referenciados por videoclipes-chave, áudioclipes-chave, quadros-chave, sons-chave e temas-chave.	-	ma-ont:MediaResource.description.highlight (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:View	Descreve uma visão espacial ou de frequência (de uma banda particular) de um sinal de áudio ou de vídeo, permitindo, por exemplo, visões de baixa resolução, demandas por tipos específicos de terminais ou dispositivos.	Transcodification TranscodificationProcess TranscodificationType	-		Sim	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Variation	Descreve variações fidedignas de conteúdo audiovisual, tais como versões compactadas ou de baixa resolução, sumários, diferentes idiomas e modalidades diferentes (áudio, imagem, texto e etc.).	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para personalização de conteúdo: organização de conteúdo							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3 Multimedia					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:StructuredCollection	Descreve coleções de conteúdo audiovisual ou partes de material audiovisual, tais como segmentos temporais de vídeo.	ma-ont:Collection	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Model	Descreve representações para atributos e características de conteúdo audiovisual, incluindo funções estatísticas e probabilísticas.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia						
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O				
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)	Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7: MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7: MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	-	DUL:Entity.hasproxy (a)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Sim			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	DUL:Object.Agent	DUL:InformationEntity.hasautor (r)	-	Sim	Sim
			Domínio			
			Sim			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
dc:Publisher mpeg7: UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	-	DUL:Informationrealization.iscopyof* (r)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Sim			
dc:Relation mpeg7: CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
dc:Coverage mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
dc:Data mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date.TimePoint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	-	DUL:Entity.hasDataValue (a)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia

Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O				
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)	Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	DUL:InformationEntity. Informationobject	DUL:InformationEntity. Informationrealization. realize	-	Sim	Sim
			Domínio			
			Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	DUL:InformationEntity. Informationrealization	DUL:InformationEntity.Informationobject. isrealizedby	-	Sim	Sim
			Domínio			
			Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	DUL:InformationEntity. Informationrealization	DUL:InformationEntity.Informationobject. isrealizedby	-	Sim	Sim
			Domínio			
			Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento multimídia						
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O				
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)	Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.	decomposition: DecompositionSituation	-	-	Sim	Não
			Domínio			
			-			
mpeg7:Segment.MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.	decomposition: DecompositionPattern	-	-	Sim	Não
			Domínio			
			-			

Metadados descritivos para personalização de conteúdo: organização de conteúdo						
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O				
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)	Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:StructuredCollection	Descreve coleções de conteúdo audiovisual ou partes de material audiovisual, tais como segmentos temporais de vídeo.	collection: CollectionPattern	-	-	Sim	Não
			Domínio			
			-			
mpeg7:Model	Descreve representações para atributos e características de conteúdo audiovisual, incluindo funções estatísticas e probabilísticas.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	DUL:Entity	annotation:AnnotationConcept.classifies (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	provenance:ProvenancePattern	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	DUL:InformationEntity. Informationrealization	DUL:InformationEntity.Informationobject.isrealizedby		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o recurso segmento pode ser acessado.	-	DUL:Entity.hasproxy (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	DUL:InformationEntity	decomposition:ComponentConcept.classifies (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: evento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Event	Descreve um evento concreto ou abstrato.	DUL:Entity. Event	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: objeto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object	Descreve um objeto concreto ou abstrato.	DUL:Entity. Object	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: agente							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object.AgentObject	Descreve pessoa, grupo de pessoas, organização ou objetos personalizados.	DUL:Entity. Agent	-		-	Sim	Sim

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: lugar							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticPlace	Descreve um lugar num mundo narrativo.	DUL:Entity.Abstract.Region.SpaceRegion	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: tempo							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticTime	Descreve um tempo num mundo narrativo.	DUL:Entity.Abstract.Region.TimeInterval	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: relações entre noções semânticas							
Requisitos Funcionais		Ontologia: M3O					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBag.Graph	Descreve um conjunto de nós, apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações semânticas especificando o relacionamento entre os nós.	-	DUL:hasPart (r) DUL:overlaps (r) DUL:hasConstituent (r) DUL:hasParticipant (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7: MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	Title	multimediaDescriptor.title (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	TextAnnotation	multimediaDescriptor.abstract (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	Resource.Agent.Creator	multimediaDescriptor.creator (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	Resource.Agent	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Publisher mpeg7: UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	Resource.Agent	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Relation mpeg7: CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Coverage mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	Place	multimediaDescriptor.creationLocation (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Data mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date.TimeP oint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia..	Time	multimediaDescriptor.creationDate (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Hunter		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	Resource.MultimediaContent	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	-	.'media duration'. MediaDuration (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: estruturas básicas							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.GridLayout	Divide a imagem em um conjunto de regiões retangulares de mesmo tamanho, de modo que cada região possa ser descrita separadamente, podendo ainda utilizar descritores tais como cor ou textura.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.VisualTimeSeries	Define séries temporais de descritores em um segmento de vídeo, fornecendo uma imagem associada a um quadro de vídeo.	‘spacial temporal locator’. ‘media time’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MultipleView	Especifica uma estrutura que combina descritores 2D representando características visuais de um objeto 3D visto de diferentes ângulos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Spatial2DCoordinateSystem	Especifica um sistema de coordenada espacial 2D para imagens ou quadros de vídeos.	‘Coordinate Reference’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TemporalInterpolation	Descreve uma interpolação envolvendo valores de variáveis multidimensionais (um objeto posicionado em um vídeo, por exemplo) em um eixo de tempo.	‘temporal interpolation’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPFeature	O <i>Group of Frames/Group of Pictures</i> descreve características visuais representativas de uma série de quadros de vídeos ou coleções de imagens.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: cor

Metadados dependentes de conteúdo visuais: cor							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.DominantColor	Usado principalmente para representar características locais (objeto ou região de imagem) relativas a cores dominantes na região de interesse.	Resource.Color.DominantColor	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ScalableColor	Usado como histograma de cores no espaço de cor HSV (<i>hue, saturation, lightness</i> - representações baseadas no modelo de cor RGB – <i>red, green, blue</i>).	Resource.Color.ScalableColor	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorLayout	Usado para representar a distribuição espacial da cor de sinais visuais em um formato compactado. Aplicado a qualquer imagem estática ou quadro de vídeo, mesmo com formato e resolução diferentes.	Resource.Color.ColorLayout	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorStructure	Usado para capturar tanto o conteúdo de cor (semelhante a um histograma de cores) quanto informações sobre a estrutura deste conteúdo (grupos de pixels, por exemplo). Destinado principalmente para descrição e recuperação de imagens estáticas.	Resource.Color.ColorStructure	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorSpace	Usado para caracterizar os espaços de cor que podem ser usados em descrições visuais.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPColor	Usado como extensão ao descritor <i>ScalableColor</i> na descrição de cor de um segmento de vídeo ou uma coleção de imagens estáticas. O diferencial deste descritor está nos cálculos mais sofisticados envolvendo histograma de cores na captura de traços de cor “menos comum” em um grupo de imagens.	Resource.Color.ScalableColor.GoFGoPColor	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorQuantization	Usado para definir uma quantização uniforme de um espaço de cor.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: textura							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Hunter		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:VisualD.HomogeneousTexture	Usado para caracterizar as propriedades da textura em uma imagem (ou região), partindo do princípio que a textura é homogênea. Útil à recuperação por similaridade.	Resource.texture.‘homogeneous texture’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TextureBrowsing	Usado para representar textura homogênea para aplicações do tipo navegação. Este descritor combinado com o descritor HomogeneousTexture fornece uma solução escalável para representação de regiões de textura homogêneas em imagens.	Resource.texture.‘texture browsing’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.EdgeHistogram	Usado para representar a distribuição espacial dos cinco tipos de bordas, sendo quatro bordas direcionadas e uma não direcionada.	Resource.texture.‘edge histogram’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: forma							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionShape	Usado para descrever qualquer tipo de forma (um arranjo espacial de <i>pixels</i>) envolvendo uma única região ou um conjunto de regiões de um objeto; além de orifícios ou regiões separadas em um objeto.	Resource.shape.‘ region shape ’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ContourShape	Usado para especificar um contorno fechado de uma região ou objeto 2D em uma imagem ou sequência de vídeo. O descritor usa a representação <i>Curvature Scale-Space</i> (CSS) que captura características significativas de percepção do sistema visual humano frente a forma.	Resource.shape.‘ contour shape ’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Shape3D	Usado para fornecer uma descrição intrínseca da forma para modelos 3D, considerando alguns atributos locais da superfície da dimensão.	Resource.shape.‘ shape three dimensional ’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Perceptual3DShape	Usado para descrever partes de objetos 3D expressados por meio de um gráfico. A representação facilita a percepção humana frente ao objeto descrito. Consultas por esboço e editadas são funcionalidades suportadas pelo descritor, o que promove maior interação e eficiência na consulta e na recuperação de objetos 3D similares no contexto de um sistema de recuperação baseado em conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: movimento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.CameraMotion	Usado para descrever parâmetros de movimento de câmera que podem ser extraídos automaticamente ou generalizados por um dispositivo de captura. Exemplos de operações básicas de câmera: <i>fixed, panning, tracking, tilting, booming, zooming, dollying, and rolling.</i>	Resource.motion.‘camara motion’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionTrajectory	Utilizado para descrever informação de alto nível envolvendo a localização, espaço-temporal, de um ponto representativo de um objeto. Mostra-se útil para recuperação baseada em conteúdo em bancos de dados visuais orientados a objetos.	Resource.motion.‘motion trajectory’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ParametricMotion	Usado para descrever o movimento de objetos em sequências de vídeo como um modelo paramétrico 2D. Tal modelo está associado com objetos arbitrários, definidos como regiões (grupo de pixels) na imagem ao longo de um intervalo de tempo especificado.	Resource.motion.‘motion parametric motion’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionActivity	Usado para capturar a noção intuitiva de intensidade da ação ou ritmo da ação em um segmento de vídeo, de modo a expressar de forma abrangente e com precisão a atividade de uma determinada sequência de vídeo. Mostra-se útil para aplicações envolvendo navegação rápida, vigilância, sumarização dinâmica de vídeo, consulta baseada em conteúdo, etc.	Resource.motion.‘motion activity’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: localização							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionLocator	Usado para localizar regiões dentro de imagens ou quadros especificando-as com representações breves e escaláveis em caixas ou polígonos.	Resource:‘ Region Locator ’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.SpatioTemporalLocator	Usado para descrever regiões espaço temporais em uma sequência de vídeo, tais como regiões de objetos em movimento. Fornece funcionalidades de localização.	Resource:‘ spacial temporal locator ’	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.	Resource.MultimediaContent.Segment. AudioSegment	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.	Resource.MultimediaContent.Segment. VideoSegment	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.	Resource.MultimediaContent.Segment. AudioVisualSegment	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, cena, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	-	'decomposition of a segment'. 'temporal decomposition of a segment' (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espacial							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.StillRegion	Descreve um segmento ou uma região em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	Resource.MultimediaContent.Segment.StillRegion	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.StillRegion3D	Descreve um segmento ou uma região 3D em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	Resource.MultimediaContent.Segment.StillRegion3D	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatialSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos de imagem 2D, imagem 3D, vídeo, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	-	'decomposition of a segment'. 'spatial decomposition of a segment' (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espaço temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MovingRegion	Descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.	Resource.MultimediaContent.Segment. MovingRegion	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.AudioVisualRegion	Descreve uma combinação complexa de conteúdo áudio e visual.	Resource.MultimediaContent.Segment. AudioVisualRegion	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatioTemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, audiovisual, região em movimento e região audiovisual.	-	‘decomposition of a segment’, ‘spatio-temporal decomposition of a segment’ (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento multimídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.	Resource.MultimediaContent.Segment. MultimediaSegment	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.	-	'decomposition of a segment'. 'media source decomposition of a segment' (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Hunter					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	-	.‘media duration’.MediaDuration (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	Resource.Agent.Creator	multimediaDescriptor.creator (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o <i>recurso segmento</i> pode ser acessado.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	Dtype.MediaIdentificationType	EntityIdentifier		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	DSType.CreationType	Title		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	DSType.MediaInstanceType	MediaLocator		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	DSType.CreationType	Abstract		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	CreatorType	Creator		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	CreatorType	Creator		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Publisher mpeg7:UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	DSType.DisseminationType	Dissemination		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	Dtype.MediaIdentificationType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Relation mpeg7:CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	DSType.RelatedMaterialType	MediaLocator		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Coverage mpeg7:CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	PlaceType	Location		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Data mpeg7:CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date.TimePoint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	TimeType	Date		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			

Metadados independentes de conteúdo: características de classificação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Type mpeg7:CreationInformation.Classification.Genre	Natureza ou gênero do conteúdo da mídia.	DSType.ClassificationType	Genre		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Subject mpeg7:CreationInformation.Classification.Subject	Assunto-chave relacionado ao conteúdo da mídia.	DSType.ClassificationType	Subject		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Purpose	Propósito concernente ao conteúdo da mídia.	DSType.ClassificationType	Purpose		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
dc:Language mpeg7:CreationInformation.Classification.Language	Idioma relativo ao conteúdo da mídia.	DSType.ClassificationType	Language		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Target.Age	Classificação etária do conteúdo da mídia.	DSType.ClassificationType	Target		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.ParentalGuidance	Orientação para os pais frente ao conteúdo da mídia.	DSType.ClassificationType	ParentalGuidance		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:CreationInformation.Classification.MediaReview	Avaliação subjetiva para o conteúdo da mídia.	DSType.ClassificationType	MediaReview		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia

Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	Dtype.MediaFormatType	Content		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	Dtype.MediaFormatType	Medium		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	Dtype.MediaFormatType	FileFormat		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	Dtype.MediaFormatType	FileSize		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	Dtype.MediaFormatType	VisualCoding		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	Dtype.MediaFormatType	AudioCoding		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	Dtype.MediaFormatType	SceneCodingFormat		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	Dtype.MediaFormatType	GraphicsCodingFormat		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	Dtype.MediaFormatType	OtherCodingFormat		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	MediaTimeType	MediaDuration		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			

Metadados independentes de conteúdo: características de uso da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:UsageInformation.Rights.RightsID dc:Rights	Referência a autoridades ou detentores de gestão de direitos e proteção sobre a mídia.	DSType.UsageInformationType	Rights		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:UsageInformation.FinancialResults	Informação relacionada a custo de produção e renda resultante do uso do conteúdo.	DSType.UsageInformationType	FinancialResults		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:UsageInformation.Availability	Informação sobre entrega do conteúdo.	DSType.UsageInformationType	Availability		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:UsageInformation.UsageRecord	Informação sobre uso do conteúdo.	DSType.UsageInformationType	UsageRecord		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: estruturas básicas

Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.GridLayout	Divide a imagem em um conjunto de regiões retangulares de mesmo tamanho, de modo que cada região possa ser descrita separadamente, podendo ainda utilizar descritores tais como cor ou textura.	GridLayoutType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.VisualTimeSeries	Define séries temporais de descritores em um segmento de vídeo, fornecendo uma imagem associada a um quadro de vídeo.	VisualTimeSeriesType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MultipleView	Especifica uma estrutura que combina descritores 2D representando características visuais de um objeto 3D visto de diferentes ângulos.	MultipleViewType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Spatial2DCoordinateSystem	Especifica um sistema de coordenada espacial 2D para imagens ou quadros de vídeos.	HeaderType. Spatial2DCoordinateSystemType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TemporalInterpolation	Descreve uma interpolação envolvendo valores de variáveis multidimensionais (um objeto posicionado em um vídeo, por exemplo) em um eixo de tempo.	TemporalInterpolationType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPFeature	O <i>Group of Frames/Group of Pictures</i> descreve características visuais representativas de uma série de quadros de vídeos ou coleções de imagens.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: cor

Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.DominantColor	Usado principalmente para representar características locais (objeto ou região de imagem) relativas a cores dominantes na região de interesse.	VisualDType.DominantColorType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ScalableColor	Usado como histograma de cores no espaço de cor HSV (<i>hue, saturation, lightness</i> - representações baseadas no modelo de cor RGB – <i>red, green, blue</i>).	VisualDType.ScalableColorType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorLayout	Usado para representar a distribuição espacial da cor de sinais visuais em um formato compactado. Aplicado a qualquer imagem estática ou quadro de vídeo, mesmo com formato e resolução diferentes.	VisualDType.ColorLayoutType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorStructure	Usado para capturar tanto o conteúdo de cor (semelhante a um histograma de cores) quanto informações sobre a estrutura deste conteúdo (grupos de pixels, por exemplo). Destinado principalmente para descrição e recuperação de imagens estáticas.	VisualDType.ColorStructureType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorSpace	Usado para caracterizar os espaços de cor que podem ser usados em descrições visuais.	ColorSpaceType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.GoFGoPColor	Usado como extensão ao descritor <i>ScalableColor</i> na descrição de cor de um segmento de vídeo ou uma coleção de imagens estáticas. O diferencial deste descritor está nos cálculos mais sofisticados envolvendo histograma de cores na captura de traços de cor “menos comum” em um grupo de imagens.	VisualDType.GoFGoPColorType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorQuantization	Usado para definir uma quantização uniforme de um espaço de cor.	ColorQuantizationType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: textura							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.HomogeneousTexture	Usado para caracterizar as propriedades da textura em uma imagem (ou região), partindo do princípio que a textura é homogênea. Útil à recuperação por similaridade.	VisualDType.HomogeneousTextureType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.TextureBrowsing	Usado para representar textura homogênea para aplicações do tipo navegação. Este descritor combinado com o descritor HomogeneousTexture fornece uma solução escalável para representação de regiões de textura homogêneas em imagens.	VisualDType.TextureBrowsingType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.EdgeHistogram	Usado para representar a distribuição espacial dos cinco tipos de bordas, sendo quatro bordas direcionadas e uma não direcionada. Tendo em vista que bordas desempenham um papel importante para a percepção da imagem, a sua descrição pode facilitar a recuperação de imagens com significado semântico similar.	VisualDType.EdgeHistogramType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: forma							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionShape	Usado para descrever qualquer tipo de forma (um arranjo espacial de <i>pixels</i>) envolvendo uma única região ou um conjunto de regiões de um objeto; além de orifícios ou regiões separadas em um objeto.	VisualDType. RegionShapeType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ContourShape	Usado para especificar um contorno fechado de uma região ou objeto 2D em uma imagem ou sequência de vídeo. O descritor usa a representação <i>Curvature Scale-Space</i> (CSS) que captura características significativas de percepção do sistema visual humano frente a forma.	VisualDType. ContourShapeType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.Shape3D	Usado para fornecer uma descrição intrínseca da forma para modelos 3D, considerando alguns atributos locais da superfície da dimensão.	VisualDType. Shape3DType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD. Perceptual3DShape	Usado para descrever partes de objetos 3D expressados por meio de um gráfico. A representação facilita a percepção humana frente ao objeto descrito. Consultas por esboço e editadas são funcionalidades suportadas pelo descritor, o que promove maior interação e eficiência na consulta e na recuperação de objetos 3D similares no contexto de um sistema de recuperação baseado em conteúdo.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: movimento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.CameraMotion	Usado para descrever parâmetros de movimento de câmera que podem ser extraídos automaticamente ou generalizados por um dispositivo de captura. Exemplos de operações básicas de câmera: <i>fixed, panning, tracking, tilting, booming, zooming, dollying, and rolling.</i>	VisualDType. CameraMotionType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionTrajectory	Utilizado para descrever informação de alto nível envolvendo a localização, espaço-temporal, de um ponto representativo de um objeto. Mostra-se útil para recuperação baseada em conteúdo em bancos de dados visuais orientados a objetos.	VisualDType. MotionTrajectoryType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ParametricMotion	Usado para descrever o movimento de objetos em sequências de vídeo como um modelo paramétrico 2D. Tal modelo está associado com objetos arbitrários, definidos como regiões (grupo de pixels) na imagem ao longo de um intervalo de tempo especificado.	VisualDType. ParametricMotionType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.MotionActivity	Usado para capturar a noção intuitiva de intensidade da ação ou ritmo da ação em um segmento de vídeo, de modo a expressar de forma abrangente e com precisão a atividade de uma determinada sequência de vídeo. Mostra-se útil para aplicações envolvendo navegação rápida, vigilância, sumarização dinâmica de vídeo, consulta baseada em conteúdo, etc.	VisualDType. MotionActivityType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: localização							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.RegionLocator	Usado para localizar regiões dentro de imagens ou quadros especificando-as com representações breves e escaláveis em caixas ou polígonos.	RegionLocatorType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.SpatioTemporalLocator	Usado para descrever regiões espaço-temporais em uma sequência de vídeo, tais como regiões de objetos em movimento. Fornece funcionalidades de localização.	SpatioTemporalLocatorType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo visuais:reconhecimento de rosto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.FaceRecognition	Usado para recuperar rostos que combinem com consultas envolvendo imagens faciais normalizadas.	VisualDType.FaceRecognitionType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo para áudio: base espectral							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Rhizomik		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:AudioD.AudioSpectrumBasis	Descreve uma série de funções de base que são derivadas da decomposição de valor singular de um espectro de potência normalizada.	audioSpectrumAttributeGrp. AudioSpectrumBasisType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.AudioSpectrumProjection	Descreve características de baixa dimensionalidade de um espectro após a projeção sobre uma base de classificação reduzida. Usado junto com o descritor <i>AudioSpectrumBasis</i> .	AudioLLDVectorType. AudioSpectrumProjectionType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo para áudio: timbre espectral							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:AudioD.SpectralCentroid	Descreve a média ponderada da frequência dos quadros no espectro de potência linear. Este descritor é similar ao <i>Audio Spectrum Centroid</i> , mas está mais relacionado ao timbre de instrumentos musicais.	AudioLLDScalarType. SpectralCentroidType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.HarmonicSpectralCentroid	Descreve a média ponderada dos picos harmônicos do espectro. Este descritor tem significado parecido com os outros descritores Centroid, mas são aplicados especialmente a partes harmônicas de tons musicais.	AudioLLDScalarType. HarmonicSpectralCentroidType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.HarmonicSpectralDeviation	Descreve o desvio espectral dos componentes de amplitude logarítmica de um envelope espectral global.	AudioLLDScalarType. HarmonicSpectralDeviationType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.HarmonicSpectralSpread	Descreve o desvio padrão da amplitude ponderada dos picos harmônicos do espectro.	AudioLLDScalarType. HarmonicSpectralSpreadType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.HarmonicSpectralVariation	Descreve a correlação normalizada entre a amplitude dos picos harmônicos de dois quadros subsequentes do sinal.	AudioLLDScalarType. HarmonicSpectralVariationType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo para áudio: timbre temporal							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Rhizomik		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:AudioD.LogAttackTime	Descreve o tempo que se leva para a progressão de um nível de energia limiar para o nível de energia máximo do envelope de amplitude do sinal. Consegue distinguir sons bruscos de sons suaves.	AudioLLDScalarType. LogAttackTimeType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.TemporalCentroid	Descreve o tempo médio sobre o envelope de amplitude do sinal. Representa em que ponto a energia do sinal se concentra e possibilita distinguir entre sons com ataque similar, mas com tempo de decaimento e suspensão diferentes. Por exemplo, uma nota executada por um piano e um órgão.	AudioLLDScalarType. TemporalCentroidType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo para áudio: paramétricos de sinal							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Rhizomik		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:AudioD.AudioFundamentalFrequency	Descreve a frequência fundamental do sinal, geralmente extraída através de técnicas chamadas de <i>pitch-tracking</i> .	AudioLLDScalarType. AudioFundamentalFrequency Type	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.AudioHarmonicity	Descreve a harmonia do sinal, possibilitando a distinção entre tons musicais e fala, sons metálicos e ruído, por exemplo.	AudioDtype. AudioHarmonicity	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo para áudio: espectral básico

Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Rhizomik		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:AudioD.AudioSpectrumEnvelope	Descreve o espectro de potência do sinal, utilizado para visualização de espectrograma e como descritor geral para busca e comparação.	AudioLLDVectorType. AudioSpectrumEnvelopeType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.AudioSpectrumCentroid	Descreve o centro de gravidade do espectro de potência espaçado de forma logarítmica, indicando onde o conteúdo espectral é dominado por altas e baixas frequências.	AudioLLDScalarType. AudioSpectrumCentroidType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.AudioSpectrumSpread	Complementa os descritores, indicando se o espectro de potência está centrado próximo a Centroide ou espalhado pelo espectro, ajudando na distinção de tons puros e sons ruidosos.	AudioLLDScalarType. AudioSpectrumSpreadType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.AudioSpectrumFlatness	Descreve as propriedades de nivelamento de um sinal de áudio para cada banda de frequência. Quando o vetor indica um alto desvio da forma espectral para uma determinada banda, pode indicar a presença de componentes tonais.	AudioLLDVectorType. AudioSpectrumFlatnessType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados dependentes de conteúdo para áudio: básico

Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:AudioD.AudioWaveform	Descreve o envelope máximo e mínimo do sinal de áudio, tipicamente utilizado para visualização.	AudioLLDScalarType. AudioWaveformType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:AudioD.AudioPower	Descreve um breve resumo do sinal.	AudioLLDScalarType. AudioPowerType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.	SegmentType.AudioSegmentType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.	SegmentType.VideoSegmentType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.	SegmentType.AudioVisualSegmentType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, cena, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	SegmentDecompositionType. TemporalSegmentDecomposition	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espacial							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.StillRegion	Descreve um segmento ou uma região em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	SegmentType.StillRegionType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.StillRegion3D	Descreve um segmento ou uma região 3D em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	SegmentType.StillRegion3DType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatialSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos de imagem 2D, imagem 3D, vídeo, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	SegmentDecompositionType.SpatialSegmentDecompositionType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espaço temporal							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Rhizomik		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:Segment.MovingRegion	Descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.	SegmentType.MovingRegionType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.AudioVisualRegion	Descreve uma combinação complexa de conteúdo áudio e visual.	SegmentType.AudioVisualRegionType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatioTemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, audiovisual, região em movimento e região audiovisual.	SegmentDecompositionType.SpatioTemporalSegmentDecompositionType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento multimídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.	SegmentType. MultimediaSegmentType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment. MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.	MultimediaSegmentMediaSourceDecompositionType	-		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	DSType.SegmentType	TextAnnotation		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	MediaTimeType	MediaDuration		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	DSType.SegmentType	CreationInformation		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	DSType.SegmentType	MediaInformation		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	DSType.SegmentType	UsageInformation		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o <i>recurso segmento</i> pode ser acessado.	DSType.SegmentType	MediaLocator		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	DSType.SegmentType	Relation		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			Não	Não			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: evento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Event	Descreve um evento concreto ou abstrato.	SemanticBaseType.EventType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: objeto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object	Descreve um objeto concreto ou abstrato.	SemanticBaseType.ObjectType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: agente							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object.AgentObject	Descreve pessoa, grupo de pessoas, organização ou objetos personalizados.	ObjectType.AgentObjectType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: lugar							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticPlace	Descreve um lugar num mundo narrativo.	SemanticBaseType. SemanticPlaceType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: tempo							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticTime	Descreve um tempo num mundo narrativo.	SemanticBaseType. SemanticTimeType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: relações entre noções semânticas							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBag.Graph	Descreve um conjunto de nós, apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações semânticas especificando o relacionamento entre os nós.	DSType.GraphType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para personalização de conteúdo: interação de usuário							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:UserPreference	Descreve preferências para diferentes tipos de conteúdos e modos de navegação, incluindo dependência de contexto em relação a tempo e a lugar.	DSType.UserPreference	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:UsageHistory	Descreve a história de ações realizadas por um usuário de um sistema multimídia, possibilitando determinar suas preferências em relação ao conteúdo.	DSType.UsageHistory	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para personalização de conteúdo: navegação e acesso							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Summarization	Descreve, por meio de <i>links</i> , múltiplos sumários do mesmo conteúdo audiovisual, fornecendo diferentes níveis de detalhes para características de alto nível envolvendo objetos, eventos, enfim, entidades com noções semânticas.	DSType.Summarization	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:SequentialSummary	Descreve um sumário composto de uma sequência de imagens ou quadros de vídeos, possivelmente sincronizados com áudio. Pode ser utilizado em apresentações de slides.	SummaryTypeClass. SequentialSummaryType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:HierarchicalSummary	Descreve múltiplos níveis de sumários em segmentos temporais referenciados por videoclipes-chave, áudioclipes-chave, quadros-chave, sons-chave e temas-chave.	SummaryTypeClass. HierarchicalSummaryType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:View	Descreve uma visão espacial ou de frequência (de uma banda particular) de um sinal de áudio ou de vídeo, permitindo, por exemplo, visões de baixa resolução demandas por tipos específicos de terminais ou dispositivos.	DSType.View	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Variation	Descreve variações fidedignas de conteúdo audiovisual, tais como versões compactadas ou de baixa resolução, sumários, diferentes idiomas e modalidades diferentes (áudio, imagem, texto e etc.).	DSType.VariationType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para personalização de conteúdo: organização de conteúdo							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Rhizomik		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:StructuredCollection	Descreve coleções de conteúdo audiovisual ou partes de material audiovisual, tais como segmentos temporais de vídeo.	DSType.StructuredCollectionType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Model	Descreve representações para atributos e características de conteúdo audiovisual, incluindo funções estatísticas e probabilísticas.	DSType.Model	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para características de alto nível envolvendo áudio: marcação de áudio							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:AudioDS.AudioSignature	Descreve uma sumarização estatística de um sinal de áudio objetivando fornecer um identificador de conteúdo único para identificar automaticamente sinais de áudio.	AudioDSType. AudioSignatureType	-		-	Sim	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para características de alto nível envolvendo áudio: timbre de instrumento musical							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7: AudioDS.HarmonicInstrumentTimbre	Descreve a percepção de características de sons harmônicos sustentados combinados com os descritores de baixo nível LogAttackTime, HarmonicSpectralCentroid, HarmonicSpectralDeviation, HarmonicSpectralSpread e HarmonicSpectralVariation.	AudioDSType. HarmonicInstrumentTimbreType	-		-	Sim	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para características de alto nível envolvendo áudio: melodia							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Rhizomik		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7: AudioDS.MelodyContour	Descreve quantizações de intervalos de notas adjacentes e informação rítmica básica.	AudioDSType. MelodyContourType	-		-	Sim	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7: AudioDS.MelodySequence	Descreve um conjunto de descritores endereçados a uma descrição melódica mais expressiva.	AudioDSType. MelodySequenceType	-		-	Sim	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para características de alto nível envolvendo áudio: indexação e reconhecimento de som							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Rhizomik		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:SoundModel	Descreve uma série de estados envolvendo os descritores de baixo nível de <i>base espectral</i> (SpectrumBasis) em um modelo estatístico, como o de Markov ou de Gauss.	ContinuousHiddenMarkovModelType. SoundModelType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:SoundClassificationModel	Descreve rótulos (gerados automaticamente por meio da combinação de modelos de sons - <i>SoundModel</i>) de segmentos de áudio usando esquemas de classificação, podendo descrever classes mais gerais (voz, música) bem como classes mais específicas (gênero masculino, feminino, instrumento violino, trompete, etc.).	ProbabilityClassificationModelType. SoundClassificationModelType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:SoundModelStatePath	Descreve uma sequência de índices para estados gerados por um modelo de som, dado um segmento de áudio.	AudioDSType. SoundModelStatePathType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:SoundModelStateHistogram	Descreve um histograma normalizado de uma sequência de estado gerada por um modelo de som.	AudioDType. SoundModelStateHistogramType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para características de alto nível envolvendo áudio: conteúdo falado							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Rhizomik					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:AudioDS.SpokenContentLattice	Descreve a decodificação produzida por tecnologias de reconhecimento automático de fala, como palavras, fonemas, etc.	AudioDSType.SpokenContentLatticeType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:SpokenContentHeader	Descreve informações sobre o reconhecimento de locutores, além do próprio instrumento de reconhecimento.	HeaderType.SpokenContentHeaderType	-		-	Sim	Não
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia						
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7				
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)	Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7: MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	Resource. mpeg7:UniqueID	mpeg7:entityIdentifier (r)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Não			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7: MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	Resource. mpeg7:MediaLocator	mpeg7:mediaLocator (r)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Não			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	-	mpeg7:authority (a)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Não			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	Resource. smartdolce:entity	-	-	Não	Sim
			Domínio			
			-			
dc:Publisher mpeg7: UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	Resource. smartdolce:entity	-	-	Não	Sim
			Domínio			
			-			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	Resource. mpeg7:MediaIdentification	mpeg7:mediaIdentification (r)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Não			
dc:Relation mpeg7: CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	-	mpeg7:mediaURI (a)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Não			
dc:Coverage mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	Resource. smartdolce:entity	-	-	Não	Sim
			Domínio			
			-			
dc:Data mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date.TimePoint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	Resource. smartdolce:entity	-	-	Não	Sim
			Domínio			
			-			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: SmartWeb MPEG-7		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	Resource. smartmedia:ContentOrSegment. mpeg7:MultimediaContent	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	Resource. mpeg7:MediaFormat	mpeg7:mediaFormat (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	-	mpeg7:fileSize (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	Resource. mpeg7:VisualCoding	mpeg7:visualCoding (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	Resource. mpeg7:AudioCoding	mpeg7:audioCoding (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	-	mpeg7:mediaDuration (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados dependentes de conteúdo visuais: cor							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:VisualD.DominantColor	Usado principalmente para representar características locais (objeto ou região de imagem) relativas a cores dominantes na região de interesse.	Resource. mpeg7:VisualDescriptor. mpeg7:DominantColor	mpeg7:visualDescriptor (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:VisualD.ScalableColor	Usado como histograma de cores no espaço de cor HSV (<i>hue, saturation, lightness</i> - representações baseadas no modelo de cor RGB – <i>red, green, blue</i>).	Resource. mpeg7:VisualDescriptor. mpeg7:ScalableColor	mpeg7:ScalableColor (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:VisualD.ColorLayout	Usado para representar a distribuição espacial da cor de sinais visuais em um formato compactado. Aplicado a qualquer imagem estática ou quadro de vídeo, mesmo com formato e resolução diferentes.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorStructure	Usado para capturar tanto o conteúdo de cor (semelhante a um histograma de cores) quanto informações sobre a estrutura deste conteúdo (grupos de pixels, por exemplo). Destinado principalmente para descrição e recuperação de imagens estáticas.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:VisualD.ColorSpace	Usado para caracterizar os espaços de cor que podem ser usados em descrições visuais.	Resource. mpeg7:ColorSpace	mpeg7:colorSpace (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:VisualD.GoFGoPColor	Usado como extensão ao descritor <i>ScalableColor</i> na descrição de cor de um segmento de vídeo ou uma coleção de imagens estáticas. O diferencial deste descritor está nos cálculos mais sofisticados envolvendo histograma de cores na captura de traços de cor “menos comum” em um grupo de imagens.	Resource. mpeg7:VisualDescriptor. mpeg7:GoFGoPColor	mpeg7:visualDescriptor (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:VisualD.ColorQuantization	Usado para definir uma quantização uniforme de um espaço de cor.	Resource. mpeg7:ColorQuantization	mpeg7:colorQuantization (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.	Resource.smartmedia:ContentOrSegment.mpeg7:Segment.mpeg7:AudioSegment	mpeg7:AudioSegment (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.	Resource.smartmedia:ContentOrSegment.mpeg7:Segment.mpeg7:VideoSegment	mpeg7:videoSegment (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, cena, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	Resource.mpeg7:SegmentDecomposition.mpeg7:TemporalSegmentDecomposition	mpeg7:temporalDecomposition (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espacial							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.StillRegion	Descreve um segmento ou uma região em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	Resource.smartmedia:ContentOrSegment. mpeg7:Segment.mpeg7:StillRegion	mpeg7:stillRegion (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.StillRegion3D	Descreve um segmento ou uma região 3D em uma imagem, ou um quadro em uma sequência de vídeo.	Resource.smartmedia:ContentOrSegment. mpeg7:Segment.mpeg7:StillRegion3D	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatialSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaciais relacionadas à decomposição de segmentos de imagem 2D, imagem 3D, vídeo, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	Resource.mpeg7:SegmentDecomposition. mpeg7:SpatialSegmentDecomposition	mpeg7:spatialDecomposition (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento espaço temporal							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MovingRegion	Descreve um segmento espaço-temporal ou região em movimento de uma sequência de vídeo.	Resource.smartmedia:ContentOrSegment. mpeg7:Segment.mpeg7:MovingRegion	mpeg7:movingRegion (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.AudioVisualRegion	Descreve uma combinação complexa de conteúdo áudio e visual.	Ausente	Ausente		-	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.SpatioTemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características espaço-temporal relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, audiovisual, região em movimento e região audiovisual.	Resource.mpeg7:SegmentDecomposition. mpeg7:SpatioTemporalSegmentDecomposition	mpeg7:spatioTemporalDecomposition (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento multimídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.MultimediaSegment	Descreve uma composição de segmentos que formam uma apresentação multimídia.	Resource.smartmedia:ContentOrSegment. mpeg7:Segment	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MultimediaSegmentMediaSourceDecomposition	Descreve características relacionadas à decomposição de segmentos multimídia.	Resource.mpeg7:SegmentDecomposition. mpeg7:MediaSourceSegmentDecomposition	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	Resource.smartdolce:entity	smartmedia:aboutDomainInstance (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	-	mpeg7:mediaDuration (a) mpeg7:mediaTimePoint (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	-	mpeg7:authority (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	Resource.mpeg7:MediaFormat	mpeg7:mediaFormat (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o <i>recurso segmento</i> pode ser acessado.	Resource.mpeg7:MediaLocator	mpeg7:mediaLocator (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: evento							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Event	Descreve um evento concreto ou abstrato.	Resource.smartdolce:entity	smartmedia:aboutDomainInstance (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: objeto							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object	Descreve um objeto concreto ou abstrato.	Resource.smartdolce:entity	smartmedia:aboutDomainInstance (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: agente							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.Object.AgentObject	Descreve pessoa, grupo de pessoas, organização ou objetos personalizados.	Resource.smartdolce:entity	smartmedia:aboutDomainInstance (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados descritivos para semântica de conteúdo: lugar							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticPlace	Descreve um lugar num mundo narrativo.	Resource.smartdolce:entity	smartmedia:aboutDomainInstance (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: tempo							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBase.SemanticTime	Descreve um tempo num mundo narrativo.	Resource.smartdolce:entity	smartmedia:aboutDomainInstance (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			
Metadados descritivos para semântica de conteúdo: relações entre noções semânticas							
Requisitos Funcionais		Ontologia: SmartWeb MPEG-7					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:SemanticBag.Graph	Descreve um conjunto de nós, apresentando noções semânticas, e um conjunto de relações semânticas especificando o relacionamento entre os nós.	Resource.smartdolce:entity	smartdolce:COMPONENT (r) smartdolce:CONCEPTUAL-RELATION (r) smartdolce:OVERLAPS (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Não	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de criação e produção da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Polysema MPEG-7 MDS					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Identifier mpeg7: MediaInformation.MediaIdentification.EntityIdentifier	Identificação unívoca da mídia num dado contexto.	UniqueID	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Title mpeg7:CreationInformation.Creation.Title	Nome formal dado à mídia.	-	Title (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: MediaInformation.MediaProfile.MediaInstance.MediaLocator	Local onde o recurso pode ser acessado.	MediaLocator	MediaUri (a)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Description mpeg7:CreationInformation.Creation.Abstract	Descrição do conteúdo da mídia.	TextAnnotation	Abstract (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Creator mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade principal responsável pela produção do conteúdo da mídia.	MediaAgent.Creator	Creator (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Contributor mpeg7:CreationInformation.Creation.Creator	Entidade responsável pela contribuição na produção do conteúdo da mídia.	Mpeg7Base.DS.Agent	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Publisher mpeg7: UsageInformation.Availability.Dissemination.Disseminator	Entidade responsável pela disponibilização ou divulgação da mídia.	Mpeg7Base.DS.Agent	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
dc:Source mpeg7:MediaInformation.MediaIdentification	Referência na qual a mídia se derivou.	-	Source (a)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Relation mpeg7: CreationInformation.RelatedMaterial.MediaLocator.MediaUri	Referência para uma mídia relacionada.	Mpeg7Base.DS.RelatedMaterial	RelatedMaterial (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Coverage mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Location	Local da criação ou cobertura espaço-temporal relacionada ao conteúdo da mídia.	Mpeg7Base.DS.Place	Location (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
dc:Data mpeg7: CreationInformation.Creation.CreationCoordinates.Date.TimePoint	Período de um evento associado ao conteúdo da mídia.	Time	Date		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			

Metadados independentes de conteúdo: características de classificação da mídia							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Polysema MPEG-7 MDS					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
dc:Type mpeg7:CreationInformation.Classification.Genre	Natureza ou gênero do conteúdo da mídia.	-	Genre (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Subject mpeg7:CreationInformation.Classification.Subject	Assunto-chave relacionado ao conteúdo da mídia.	TextAnnotation	Subject (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Purpose	Propósito concernente ao conteúdo da mídia.	-	Purpose (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
dc:Language mpeg7:CreationInformation.Classification.Language	Idioma relativo ao conteúdo da mídia.	-	Language (a)		-	Não	Não
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:CreationInformation.Classification.Target.Age	Classificação etária do conteúdo da mídia.	Age	Age (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:CreationInformation.Classification.ParentalGuidance	Orientação para os pais frente ao conteúdo da mídia.	ParentalGuidance	ParentalGuidance (r)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:CreationInformation.Classification.MediaReview	Avaliação subjetiva para o conteúdo da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados independentes de conteúdo: características de informação da mídia						
Requisitos Funcionais		Ontologia: Polysema MPEG-7 MDS				
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)	Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Content	Tipo de conteúdo da mídia (audiovisual, imagem, gráfico, áudio, vídeo, texto, etc.).	Mpeg7Base.DS. MultimediaContent	MultimediaContent (r)	-	Não	Sim
			Domínio			
			Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.Medium	Meio de armazenamento da mídia (CD, DVD, HD, etc.).	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileFormat dc:Format	Formato de arquivo da mídia (mpeg, jpeg, avi, etc.).	-	DisseminationFormat (r)	-	Sim	Sim
			Domínio			
			Sim			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.FileSize	Tamanho de arquivo da mídia.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.VisualCoding	Características específicas para formato de codificação visual, como o tipo de compressão (mpeg-1, mpeg-2, etc.), resolução por meio de pixel, altura e largura do frame, etc.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.AudioCoding	Características específicas para formato de codificação de áudio.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.SceneCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de cenas.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.GraphicsCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de gráficos.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaInformation. MediaProfile.MediaFormat.OtherCodingFormat	Características específicas para formato de codificação de outras mídias.	Ausente	Ausente	Ausente	-	-
			Domínio			
			-			
mpeg7:MediaTime.MediaDuration	Duração temporal da mídia.	MediaTime	MediaDuration (a)	-	Sim	Sim
			Domínio			
			Sim			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: segmento temporal							
Requisitos Funcionais		Mapeamento das Classes (taxonomia)	Ontologia: Polysema MPEG-7 MDS		Instâncias	Axiomas	Anotações
Elementos	Descrições		Propriedades (relação/atributo)				
mpeg7:Segment.AudioSegment	Descreve um segmento áudio temporal correspondendo a um período temporal de uma sequência de áudio.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.VideoSegment	Descreve um conjunto de quadros de uma sequência de vídeo.	Mpeg7Base.DS.Segment. VideoSegment	VideoSegment (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.AudioVisualSegment	Descreve uma combinação de informação visual e de áudio como, por exemplo, um vídeo com áudio sincronizado.	Mpeg7Base.DS.Segment. AudioVisualSegment	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.TemporalSegmentDecomposition	Descreve um conjunto de características temporais relacionadas à decomposição de segmentos de vídeo, áudio, cena, audiovisual, região em movimento, tinta eletrônica e região audiovisual.	Mpeg7Base.DS. SegmentDecomposition. TemporalSegmentDecomposition	-		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			

Metadados descritivos de conteúdo para segmentos de mídia: elementos comuns para segmentos							
Requisitos Funcionais		Ontologia: Polysema MPEG-7 MDS					
Elementos	Descrições	Mapeamento das Classes (taxonomia)	Propriedades (relação/atributo)		Instâncias	Axiomas	Anotações
mpeg7:Segment.TextAnnotation	Descreve anotações textuais livres e estruturadas. Estas últimas incluem campos específicos correspondentes às questões: “Who? (Quem?) What object? (Qual objeto?) What action? (Qual ação?) Where? (Onde?) When? (Quando?) Why? (Por quê?) How? (Como?)”.	TextAnnotation	TextAnnotation (r)			Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.MediaTime	Descreve o tempo da mídia em seu instante inicial e sua duração.	MediaTime	MediaDuration (a) MediaTimePoint (a)		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7:Segment.CreationInformation	Descreve características sobre a criação da mídia.	Mpeg7Base.DS.CreationInformation	-		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaInformation	Descreve características sobre o formato da mídia.	-	DisseminationFormat (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Não			
mpeg7:Segment.UsageInformation	Descreve informação de uso da mídia.	Ausente	Ausente		Ausente	-	-
			Domínio	Escopo			
			-	-			
mpeg7:Segment.MediaLocator	Descreve o local onde o <i>recurso segmento</i> pode ser acessado.	MediaLocator	MediaUri		-	Sim	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			
mpeg7: Segment.Relation	Descreve relações espaço temporais entre segmentos.	-	Relation (r)		-	Não	Sim
			Domínio	Escopo			
			Sim	Sim			