

DORA MARIA DE OLIVEIRA SIMÕES RIBEIRO PEREIRA

Engenharia de Ontologias para Redes Colaborativas



Universidade do Porto

Faculdade de Engenharia

FEUP

*Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia da Universidade do
Porto para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Informática*

Orientador: Professor Doutor António Manuel Lucas Soares

Porto, 2007

ao meu Pai

que me acompanha toda a vida

AGRADECIMENTOS

Uma tese de doutoramento é o trabalho de uma pessoa com a contribuição de muitas outras. A todas aquelas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização desta tese, expresso aqui a minha profunda gratidão.

Um agradecimento particular:

Ao Professor António Lucas Soares, meu orientador científico, pelo rigor da crítica, pelas oportunidades que me proporcionou, pela compreensão nos momentos menos bons, pelo constante incentivo e motivação, e nesta última fase, pelo empenhamento que colocou na melhoria deste documento.

Ao INESC Porto, e em particular à Unidade de Engenharia de Sistemas de Produção, pelas condições de trabalho que me proporcionou para o desenvolvimento e apresentação desta tese.

Aos colegas de trabalho no Projecto *Know-Construct*, Manuel Moreira e Hugo Ferreira, pelo espírito de equipa e empenho que partilharam comigo. A minha especial gratidão ao Hugo, pelo rigor e dedicação que colocou na sua preciosa contribuição para o desenvolvimento do software, e que me permitiu concluir este trabalho mais rapidamente.

Ao Pedro e aos nossos filhos, pelo seu AMOR incondicional!

A participação activa das organizações em redes colaborativas é hoje em dia um factor crítico de competitividade. Isto é particularmente verdade para as Pequenas e Médias Empresas (PME), em que as estratégias colaborativas são cada vez mais fundamentais para a sua sobrevivência. Formando redes colaborativas, as PME serão capazes de partilhar recursos, conhecimento, ter acesso mais fácil a informação relevante e assim expandir o âmbito das suas operações dentro dos mercados virtuais emergentes, ao mesmo tempo que podem responder duma forma eficiente e atempada às oportunidades de negócio. Embora, em alguns casos, a participação das PME em redes colaborativas já se verifique hoje em dia, a tendência é, devido a contextos de negócio cada vez mais voláteis, que estas redes se formem e dissolvam com maior frequência. O trabalho descrito nesta dissertação, pretendeu contribuir para uma maior eficácia nos processos de formação e dissolução de redes colaborativas, no que respeita à gestão da informação e conhecimento inter-organizacionais.

Começa-se por rever o estado-da-arte sobre Redes de Organizações e dos vários tipos conhecidos desta forma de organização. É tecida especial consideração sobre as formas de Empresas Virtuais, *Virtual Breeding Environments* e Comunidades Virtuais. Da análise feita, é ainda apresentado um modelo para caracterização de redes colaborativas de PME, enquadrado no seu ciclo de vida, com foco nas fases de formação e dissolução. Em seguida aborda-se a problemática do conhecimento e a relevância dos vários processos para a sua gestão num contexto de redes de empresas. É também tratado o aspecto particular da informação e do conhecimento nas fases de formação e dissolução do ciclo de vida de redes de empresas, e apresentam-se as arquitecturas de informação actualmente adoptadas no contexto de redes de empresas e uma revisão sobre os sistemas e tecnologias de informação para gestão do conhecimento mais usados. A finalizar a primeira parte da dissertação, revê-se o estado da arte da engenharia de ontologias, área fundamental para o desenvolvimento do trabalho realizado. Apresenta-se um estudo sobre as principais áreas de aplicação da tecnologia de ontologias e aborda-se o processo de gestão do conhecimento usando ontologias, para a qual se descrevem as principais linguagens, metodologias e ferramentas mais utilizadas. Finalmente, apresentam-se algumas questões relativamente à problemática de gestão de múltiplas ontologias e sua evolução.

Na segunda parte desta dissertação, descrevem-se as principais etapas do processo de gestão de um Sistema de Biblioteca de Ontologias, no contexto de um *Virtual Breeding Environment*.

Caracteriza-se e especifica-se o Sistema de Biblioteca de Ontologias e o seu Sistema de Registo de Ontologias, infra-estruturas de base para a gestão de ontologias no *Virtual Breeding Environment*. Associado ao Sistema de Biblioteca de Ontologias está um conjunto de métricas utilizadas para ordenação das ontologias, bem como o modelo definido para classificação das ontologias. Referem-se as metodologias que podem apoiar o processo de composição de ontologias e apresenta-se o algoritmo desenvolvido e implementado para apoio ao processo de decomposição de ontologias no contexto das Empresas Virtuais num *Virtual Breeding Environment*. Finalmente, descreve-se um caso de estudo em que foram aplicados os conceitos, modelos e ferramentas desenvolvidas. Contextualizando o caso apresentado no âmbito de uma comunidade, procede-se à sua definição e apresentação da respectiva arquitectura de funcionamento. Descreve-se o processo de composição de uma ontologia global para suporte à comunidade e os respectivos resultados da aplicação do algoritmo para decomposição da ontologia em vários segmentos. Apresenta-se também a aplicação das métricas para ordenação de alguns dos segmentos de ontologia obtidos. Para finalizar, discutem-se os resultados obtidos.

ABSTRACT

The active enrolment of the organizations in collaborative networks is nowadays a critical competitive factor. This is particularly true for Small and Medium Enterprises (SME), where collaborative strategies play a key role in their survival. By developing collaborative networks, SME are able to share resources and knowledge, have an easier access to relevant information and, thus, expand the scope of their activities within the emergent virtual markets, having, at the same time, the possibility to answer efficiently and on time to business opportunities. Although, in some cases, SME already participate in collaborative networks, the trend is for these networks to emerge and dissolve more frequently, due to ever volatile business contexts. The work described in this dissertation aims at contributing for a greater efficiency in the processes of formation and dissolution of collaborative networks, as far as the management of inter-organizational information and knowledge is concerned.

The first step consisted in the revision of the state-of-the-art of Organizational Networks and of the several known typologies of this organization form. Special attention is dedicated to Virtual Enterprises, Virtual Breeding Environments and to Virtual Communities. From this analysis, a model which characterizes SME collaborative networks, inserted in its lifecycle, focusing on the formation and dissolution phases is presented. Next an analysis is made to the knowledge problematic and to the relevance of the different processes to its management in the context of an enterprises' network. Special attention is also given to the particular case of information and knowledge management in the formation and dissolution phases in the enterprise network lifecycle. Then the information architectures currently adopted in the context of enterprise networks are presented, followed by a revision of the most commonly used knowledge management systems and information technology. The first part of the dissertation ends with an analysis of the state-of-the-art of ontology engineering, a fundamental domain for the development of this work. A study on the main application areas of the ontology technology is presented and an analysis is done to the use of ontologies in knowledge management, where the main languages, methodologies and tools are described. Finally, some questions relating to the problematic of the management and evolution of multiple ontologies are presented.

On the second part of this dissertation, the main stages of the management process of an Ontology Library System in the context of a Virtual Breeding Environment (VBE). The Ontology Library System as well as the Ontology Registry System, basic infra-structures for the management

of the VBE ontologies, are characterized and specified. Coupled to the Ontology Library System is a group of metrics used to rank the ontologies, as well as the model defined for the ontologies' classification. The methodologies that are able to support the ontology composition process are described and the algorithm developed and implemented to support the ontologies' decomposition process in the context of the Virtual Enterprise in a VBE is presented. Finally, a case-study is described, in which the developed concepts, models and tools were applied. After contextualizing the case-study in a community, it is defined and the respective functional architecture presented. The process of composition of a global ontology to support the community is described, as well as the results obtained in the application of the algorithm in the decomposition of the ontology in several segments. This description is completed by the presentation of the metrics application to rank some of the obtained ontology segments. Finally the results obtained are discussed.

La participation active des organisations dans des réseaux collaboratifs est, de nos jours, un facteur critique de compétitivité. Cela est particulièrement vrai pour les Petites et Moyennes Entreprises (PME), dont les stratégies collaboratives sont, de plus en plus, fondamentales à leur survivance. En formant des réseaux collaboratifs, les PME seront capables de partager des ressources, de la connaissance, d'avoir un accès plus facile à une information saillante et, de cette façon, étendre le champ d'action de leurs opérations dans les marchés virtuels émergents, en même temps qu'elles peuvent répondre, d'une forme efficace et à temps, aux opportunités d'affaire. Bien que, dans certains cas, la participation des PME dans des réseaux collaboratifs se vérifie déjà actuellement, la tendance est celle de la formation et de la dissolution fréquente de ces réseaux-là, à cause des contextes d'affaire de plus en plus fragiles. Le travail décrit dans cette dissertation a voulu contribuer à une plus grande efficacité dans les procédés de formation et de dissolution des réseaux collaboratifs, en ce qui concerne la gestion de l'information et de la connaissance entre les organisations.

On commence par revoir l'état de l'art sur des Réseaux d'Organisations et de plusieurs types connus de cette forme d'organisation. On fait une considération spéciale sur les formes d'Entreprises Virtuelles, *Virtual Breeding Environments* et des Communautés Virtuelles. De l'analyse faite, on présente encore un modèle pour la caractérisation des réseaux collaboratifs de PME, encadré dans son cycle de vie, avec incidence sur les moments de formation et de dissolution. Ensuite, on parle sur la problématique de la connaissance et de l'importance des plusieurs procédés pour sa gestion dans un contexte de réseaux d'entreprises. On parle aussi sur l'aspect particulier de l'information et de la connaissance dans les phases de formation et de dissolution du cycle de vie des réseaux d'entreprises et on présente les architectures de l'information actuellement adoptées dans le contexte des réseaux d'entreprises et une révision sur les systèmes plus utilisés et sur les technologies d'information pour la gestion de la connaissance. En terminant la première partie de cette dissertation, on revoit l'état de l'art du génie d'ontologies, domaine fondamental au développement du travail réalisé. On propose une étude sur les principaux champs d'application de la technologie d'ontologies et on s'occupe sur le procédé de gestion de la connaissance, utilisant des ontologies, pour laquelle on décrit ses principaux langages, méthodologies et instruments plus fréquents. Finalement, on présente quelques questions par rapport à la problématique de gestion de plusieurs ontologies et leur évolution.

Dans la deuxième partie de cette dissertation, on fait la description des étapes principales du procédé de gestion d'un Système de Bibliothèque d'Ontologies, dans le contexte d'un *Virtual Breeding Environment* (VBE). On caractérise et on spécifie le Système de Bibliothèque d'Ontologies et son Système d'Enregistrement d'Ontologies, infrastructures d'appui pour la gestion d'ontologies dans le VBE. Associé au Système de Bibliothèque d'Ontologies, il y a un ensemble de métriques utilisées pour le rangement des ontologies ainsi que le modèle défini pour la classification des ontologies. On met en évidence les méthodologies qui peuvent soutenir le procédé de composition d'ontologies et on présente l'algorithme développé et implémenté comme appui au procédé de décomposition d'ontologies dans le contexte des Entreprises Virtuelles dans un VBE. A la fin, on présente de façon détaillée, un cas d'étude où les concepts, les modèles et les instruments développés ont été appliqués. En se reportant au contexte du cas présenté, dans le champ d'action d'une communauté, on procède à sa définition et présentation de la respective architecture de fonctionnement. On décrit le procédé de composition d'une ontologie globale pour le soutien d'une communauté et les respectifs résultats de l'application de l'algorithme pour la décomposition de l'ontologie en plusieurs segments. On montre aussi l'application des métriques pour le rangement de quelques segments d'ontologie obtenus. Pour terminer, on discute les résultats atteints.

ÍNDICE DE CONTEÚDOS

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Motivação	1
1.2 Problema	4
1.3 Objectivos.....	5
1.4 Resultados.....	6
1.5 Estrutura da Dissertação	7
2. REDES DE PME: DAS PARCERIAS ÀS COMUNIDADES VIRTUAIS	11
2.1 Introdução	11
2.2 O Conceito de Rede de Organizações	15
2.2.1 <i>Redes Inter-Organizacionais</i>	16
2.2.2 <i>Empresas Virtuais</i>	18
2.3 Processos de Formação e Dissolução	21
2.3.1 <i>Formação</i>	23
2.3.2 <i>Dissolução</i>	26
2.4 Virtual Breeding Environments	27
2.5 Comunidades Virtuais.....	33
2.6 Redes Colaborativas	39
2.7 Discussão	43
3. GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO EM REDES DE EMPRESAS	47
3.1 Introdução	47
3.2 Conhecimento em Redes de Empresas	50
3.2.1 <i>Partilha de Informação</i>	51
3.2.2 <i>Informação, Conhecimento e Aprendizagem</i>	55
3.3 Informação e Conhecimento na Formação e Dissolução de Redes	61
3.4 Architecturas de Informação em Redes de Empresas	65
3.5 Sistemas e Tecnologias de Informação para Gestão do Conhecimento	70
3.5.1 <i>Sistemas de Gestão do Conhecimento</i>	73
3.6 Discussão	76

4. ENGENHARIA DE ONTOLOGIAS.....	81
4.1 Introdução	81
4.2 Utilização de Ontologias na Gestão do Conhecimento	87
4.2.1 <i>Gestão do Conhecimento e Memórias Corporativas.....</i>	<i>88</i>
4.2.2 <i>Comércio Electrónico.....</i>	<i>90</i>
4.2.3 <i>Recuperação de Informação.....</i>	<i>92</i>
4.2.4 <i>Portais Web</i>	<i>96</i>
4.3 Desenvolvimento de Ontologias	100
4.3.1 <i>Linguagens</i>	<i>100</i>
4.3.2 <i>Metodologias.....</i>	<i>103</i>
4.3.3 <i>Ferramentas</i>	<i>110</i>
4.4 Gestão de Múltiplas Ontologias.....	111
4.5 Gestão da Evolução de Ontologias	118
4.5.1 <i>Processo</i>	<i>119</i>
4.5.2 <i>Estratégia.....</i>	<i>121</i>
4.6 Discussão	122
5. UM MÉTODO PARA APOIAR A COMPOSIÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE ONTOLOGIAS EM REDES DE EMPRESAS.....	125
5.1 Introdução	125
5.2 Descrição do Processo	129
5.3 Sistema de Biblioteca de Ontologias	130
5.3.1 <i>Requisitos.....</i>	<i>131</i>
5.3.2 <i>Cenário de Utilização.....</i>	<i>134</i>
5.4 Sistema de Registo de Ontologias.....	136
5.4.1 <i>Ordenação</i>	<i>136</i>
5.4.2 <i>Classificação</i>	<i>142</i>
5.5 Reutilização das Ontologias	144
5.5.1 <i>Composição.....</i>	<i>145</i>
5.5.2 <i>Decomposição.....</i>	<i>148</i>
5.6 Discussão	160
6. APLICAÇÃO NO CASO DE UMA COMUNIDADE VIRTUAL DE CONHECIMENTO COM PATROCÍNIO ORGANIZACIONAL.....	165
6.1 Introdução	165

6.2	Descrição do Caso.....	166
6.3	Comunidade de Conhecimento na Indústria da Construção	168
6.3.1	<i>Caracterização da Comunidade CIK segundo a perspectiva da utilidade</i>	<i>168</i>
6.3.2	<i>Caracterização da Comunidade CIK segundo a perspectiva comportamental.....</i>	<i>170</i>
6.3.3	<i>Caracterização da Comunidade CIK segundo o conjunto de atributos “5Ps”.....</i>	<i>171</i>
6.3.4	<i>Arquitetura.....</i>	<i>172</i>
6.4	Desenvolvimento da Ontologia	178
6.5	Aplicação de Algoritmo para Decomposição	182
6.6	Aplicação das Métricas para Ordenação.....	190
6.7	Discussão	195
7.	CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO	197
7.1	Conclusões.....	197
7.2	Limitações.....	198
7.3	Trabalho Futuro.....	199
	BIBLIOGRAFIA	203
	A. MÉTRICAS PARA ORDENAÇÃO DE ONTOLOGIAS	227
	B. ESPECIFICAÇÃO DA CIK <i>ONTOLOGY</i>.....	231
B.1	Identificação das Fontes de Conhecimento	232
B.2	Avaliação das Fontes de Conhecimento.....	237
B.3	Estrutura da CIK Ontology.....	239
B.3.1	<i>Construction Result.....</i>	<i>241</i>
B.3.2	<i>Construction Process.....</i>	<i>242</i>
B.3.3	<i>Construction Resource</i>	<i>242</i>
B.3.4	<i>Technical Topics.....</i>	<i>242</i>
B.3.5	<i>Organization.....</i>	<i>242</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Rede de Empresas e Empresas Virtuais (Bacquet <i>et al.</i> , 2004).	19
Figura 2.2 - Modelo do ciclo de vida de uma Empresa Virtual (baseado em Strader <i>et al.</i> (1998))....	21
Figura 2.3 - Modelo integrado de Organização Virtual (Saabeel <i>et al.</i> , 2002).....	30
Figura 2.4 - Abordagem holística de Organização Virtual (Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2004).	31
Figura 2.5 - Quadrante das Comunidades (Cornejo, 2003).	36
Figura 2.6 - Tipologia das Comunidades Virtuais (Porter, 2004).	37
Figura 2.7 - Definição de Comunidade de Conhecimento.	38
Figura 2.8 - Mapa de conceitos associados a redes de organizações (RCED, 2007b).....	42
Figura 3.1 - Níveis dos sistemas vivos (Chen e Gaines, 1997).....	56
Figura 3.2 - Modelo de conhecimento tácito/explicito (Nonaka e Takeuchi, 1995).....	59
Figura 3.3 - Arquitectura do modelo de Gestão de Conhecimento (Lindvall et al., 2002).....	72
Figura 4.1 - Processo de desenvolvimento de um Portal Web (baseado em Staab <i>et al.</i> (2000)).....	97
Figura 4.2 - Modelo DOGMA-MESS (Moor <i>et al.</i> , 2006).	109
Figura 4.3 - Engenharia de ontologias inter-organizacionais no DOGMA-MESS (baseado em Moor <i>et al.</i> (2006)).	109
Figura 4.4 - União versus integração de ontologias.	113
Figura 4.5 - Inclusão versus mapeamento versus alinhamento de ontologias.....	114
Figura 4.6 - Processo de alinhamento de ontologias no CATO (baseado em Breitman <i>et al.</i> (2005)).	116
Figura 5.1 - Representação de alto nível do processo de formação e dissolução de uma EV no contexto de um VBE, mostrando as bases de conhecimento e as ontologias associadas.	126

Figura 5.2 - Representação mais detalhada do processo de formação e dissolução de uma EV no contexto de um VBE.	127
Figura 5.3 - Modelo do processo de composição e decomposição de ontologias.	130
Figura 5.4 - Cenário de utilização do SBO do VBE.	134
Figura 5.5 - Fluxograma do processo de composição e decomposição de ontologias.	135
Figura 5.6 - Mapa de conceitos da Meta-Ontologia.....	143
Figura 5.7 - Mapa de conceitos da Ontologia de Domínio.	144
Figura 5.8 - Processo de composição da ontologia em cada EV (baseado em Staab <i>et al.</i> (2001)).	146
Figura 5.9 - Cenário da evolução da ontologia global de cada EV (baseado em Vrandecic <i>et al.</i> (2005)).....	148
Figura 6.1 - Visão geral do sistema <i>Know-Construct</i>	167
Figura 6.2 – A Comunidade CIK no quadrante das comunidades de Cornejo (2003).	169
Figura 6.3 - Modelo analítico do portal da Comunidade CIK (adaptado de Vries e Kommers (2004)).....	170
Figura 6.4 - A Comunidade CIK segundo a tipologia das Comunidades Virtuais de Porter (2004).	171
Figura 6.5 - Conceptualização genérica do sistema <i>Know-Construct</i> (KCS + CNM).	174
Figura 6.6 - Camadas do sistema KCS.	175
Figura 6.7 - Arquitectura funcional do KCS <i>Core Services</i>	176
Figura 6.8 - Desenho de alto-nível do sistema <i>Know-Construct</i>	178
Figura 6.9 - Processo de construção da CIK <i>Ontology</i>	180
Figura 6.10 - Gestão das ontologias do sistema KC.	181
Figura 6.11 - Extracto do segmento de ontologia obtido da aplicação do algoritmo de decomposição sobre a CIK <i>Ontology</i> por classe-alvo “Tap”.....	185
Figura 6.12 - Extracto do segmento de ontologia obtido da aplicação do algoritmo de decomposição sobre a CIK <i>Ontology</i> por classe-alvo “SanitaryEquipment”.....	188
Figura A.1 - Mapa de conceitos da ontologia “community.owl”.	227
Figura A.2 - Mapa de conceitos da ontologia “knowledge_community.owl”.....	228

Figura A.3 - Mapa de conceitos da ontologia “virtual_network.owl”.	228
Figura B.1 - Vista simplificada do meta-esquema ISO 12006-2.	233
Figura B.2 - Principais domínios da CIK <i>Ontology</i>	241
Figura B.3 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “ConstructionResult” da CIK <i>Ontology</i>	243
Figura B.4 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “ConstructionProcess” da CIK <i>Ontology</i>	244
Figura B.5 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “ConstructionResource” da CIK <i>Ontology</i>	245
Figura B.6 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “TechnicalTopic” da CIK <i>Ontology</i>	246
Figura B.7 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “Organization” da CIK <i>Ontology</i> ...	247

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1 - O papel do <i>Broker</i> no ciclo de vida das Empresas Virtuais (baseado em Katzy e Löh (2003) e Saabeel <i>et al.</i> (2002)).	22
Tabela 2.2 - Serviços necessários a <i>Breeding Environment</i> .	32
Tabela 5.1 - Principais funções de um Sistema de Biblioteca de Ontologias (baseado em Ding e Fensel (2001)).	132
Tabela 5.2 - Ferramentas usadas para implementação do algoritmo para decomposição de ontologias e das métricas para avaliação e ordenação dos segmentos de ontologias obtidos por pesquisa ao sistema de biblioteca de ontologias.	159
Tabela 6.1 - Caracterização da Comunidade CIK de acordo com os 5Ps de Constance Porter.	172
Tabela 6.2 - Resultado da aplicação das métricas considerando os pesos indicados na Tabela 6.3.	191
Tabela 6.3 - Valores de pesos introduzidos para obtenção dos resultados apresentados na Tabela 6.2.	191
Tabela 6.4 - Resultado da aplicação das métricas considerando os pesos indicados na Tabela 6.5.	193
Tabela 6.5 - Valores de pesos introduzidos para obtenção dos resultados apresentados na Tabela 6.4.	193
Tabela A.1 - Resultados da aplicação das métricas às ontologias “community.owl” e “knowledge_community.owl”.	229
Tabela B.1 - Critérios para avaliação das fontes de conhecimento no projecto <i>Know-Construct</i> (Silva <i>et al.</i> , 2006).	239

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 5.1 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que identifica a classe-alvo (exacta) e as classes parciais da classe-alvo.	153
Quadro 5.2 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que para a classe-alvo (exacta) identificada, regista a mesma e as suas superclasses, subclasses e relações respectivas; e para as classes parciais da classe-alvo identificadas, regista as mesmas e as suas superclasses, subclasses e relações respectivas.	154
Quadro 5.3 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que insere na nova ontologia, as classes identificadas acompanhadas da meta-informação com indicação do(s) passo(s) que as originaram.	154
Quadro 5.4 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que insere na nova ontologia, as superclasses identificadas das classes já inseridas acompanhadas da meta-informação com indicação do(s) passo(s) que as originaram, e regista as suas classes parentes... 155	155
Quadro 5.5 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que insere na nova ontologia, as subclasses identificadas das classes já inseridas acompanhadas da meta-informação com indicação do(s) passo(s) que as originaram, e regista as suas classes parentes... 155	155
Quadro 5.6 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que regista na nova ontologia todas as propriedades das classes contidas na mesma.	156
Quadro 5.7 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que regista na nova ontologia para todas as propriedades, o domínio e gama respectivos.	156
Quadro 5.8 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que re-classifica a meta-informação de cada classe registada na nova ontologia, para conter apenas o passo que lhe deu efectivamente origem, e regista as classes e relações em graphviz.dot de acordo com o sistema de cores definido.	157

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AI Associação Industrial	167
AO Aprendizagem Organizacional	48
AP Avaliação Parcial	140
ASP <i>Application Service Provider</i>	33
CA Capacidade Absortiva	53
CD Capacidade Dinâmica	53
CDO Centro de Desenvolvimento	134
CF Cadeia de Fornecimento	1
CIK <i>Construction Industry Knowledge</i>	168
CML <i>Chemical Markup Language</i>	100
CNM <i>Customer Needs Management</i>	167
COE <i>Collaborative Ontology Development</i>	146
CSV <i>Comma Separated Values</i>	141
CV Comunidade Virtual	39
CVC Comunidade Virtual de Conhecimento	44
CVPE Comunidades Virtuais Patrocinadas por Empresas	165
DAML <i>DARPA Agent Markup Language</i>	101
DTD <i>Document Type Declaration</i>	88
EDIFACT <i>Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport</i>	91
EV Empresa Virtual	2
FAQs <i>Frequently Asked Questions</i>	26
FIPA <i>Foundation for Intelligent Physical Agents</i>	104
FLogic <i>Frame Logic</i>	100
FOL <i>Formal Ontology Language</i>	104
GC Gestão do Conhecimento	49
I&D Investigação e Desenvolvimento	14
IFC <i>Industry Foundation Classes</i>	179
KC <i>Know-Construct</i>	166
KCS <i>Knowledge Community Support</i>	168
KIF <i>Knowledge Interchange Format</i>	101
MCB Medida de Cobertura	137

MCP Medida de Completude	138
MO Meta-Ontologia	134
MOVE <i>Materialized Ontology View Extractor</i>	149
MPR Medida de Proximidade	139
MRL Medida de Relacionamento	141
MRP Medida de Representatividade	139
MUT Medida de Utilização	141
NPL <i>Natural Language Processing</i>	89
OCML <i>Operational Conceptual Modelling Language</i>	100
OD Ontologia de Domínio	134
OEV Ontologia da Empresa Virtual	135
OIL <i>Ontology Inference Layer</i>	101
OKBC <i>Open Knowledge Base Connectivity</i>	110
OntoEdit <i>Ontology Engineering Environment</i>	110
ORSD <i>Ontology Requirements Specifications Document</i>	105
OWL <i>Web Ontology Language</i>	101
PME Pequenas e Médias Empresas	1
PRM Gestão dos Relacionamentos das Parcerias	86
PROLOG <i>Programming in Logic</i>	110
RDF <i>Resource Description Framework</i>	100
RDF(S) <i>Resource Description Framework Schema</i>	101
RE Rede de Empresas	2
RIO Rede Inter-Organizacional	1
SBO Sistema de Biblioteca de Ontologias	9
SGBD Sistema de Gestão de Bases de Dados	74
SGC Sistema de Gestão do Conhecimento	52
SGCO Sistema de Gestão do Conhecimento baseado em Ontologias	118
SHOE <i>Simple HTML Ontology Extensions</i>	101
SI Sistemas de Informação	53
SIMO Sistema de Informação de Memória Organizacional	58
SO Segmento da Ontologia	135
SRO Sistema de Registo de Ontologias	9
SST Sistema Sócio-Técnico	64
STI Sistemas e Tecnologias de Informação	22
TCSC Trabalho Cooperativo Suportado por Computador	71

TI Tecnologia de Informação	37
UNSPSC <i>United Standard Products and Services Codes</i>	87
URI <i>Universal Resource Identifier</i>	141
VBE <i>Virtual Breeding Environment</i>	2
W3C <i>World Wide Web Consortium</i>	101
XML <i>eXtensible Markup Language</i>	88
XOL <i>Ontology Exchange Language</i>	101
XSLT <i>Extensible Stylesheet Language Transformations</i>	88
XTM <i>XML Topic Maps</i>	101

INTRODUÇÃO

O capítulo introdutório desta tese apresenta de forma breve o trabalho de investigação desenvolvido, destacando-se a motivação que levou ao seu desenvolvimento, o problema subjacente, os objectivos pretendidos e os resultados alcançados. Descreve-se também a estrutura deste documento.

1.1 Motivação

É indiscutível que as formas de organização estão a mudar, e independentemente da mudança tecnológica, mudam como resposta à necessidade de cumprir com as constantes mudanças do ambiente operacional. Verifica-se actualmente que esta convergência entre requisitos organizacionais e mudança tecnológica estabelece a ligação em rede como uma forma fundamental de competição na nova e global economia. Verifica-se também que em resposta à rápida mudança das condições de mercado, os processos de negócio tendem cada vez mais a estar apoiados em relacionamentos colaborativos altamente dinâmicos e de curta duração, especialmente dentro de contextos limitados, como é o caso das Pequenas e Médias Empresas (PME). No entanto, a formação de qualquer coligação colaborativa depende da partilha, entre os seus membros, de objectivos comuns, de possuírem algum nível de confiança mútua, de terem estabelecido infra-estruturas comuns (interoperáveis) e terem estabelecido acordo sobre algumas práticas e valores (negócio) comuns (Afsarmanesh e Camarinha-Matos, 2005).

Isto justifica, em parte, o facto de na última década o foco da investigação na área das Redes Inter-Organizacionais (RIO) tenha vindo a mudar da forma de alianças estáveis entre parceiros, como Cadeias de Fornecimento (CF), para formas de cooperação mais temporárias, como as

1.1 MOTIVAÇÃO

Empresas Virtuais (EV). Na opinião de alguns autores, os relacionamentos sociais em Redes Inter-Organizacionais, como é o caso particular das redes de PME, têm maior probabilidade de serem formados quando os actores podem assentar em redes sociais densas e espacialmente restritas. Isto também caracteriza os chamados *Virtual Breeding Environments* (VBE) (Camarinha-Matos, 2003). É, portanto, muito importante que as organizações reconheçam um ambiente organizacional de confiança, onde a formação e dissolução de uma Rede de Empresas (ou em particular uma Empresa Virtual) possam ser ágeis, superando longas negociações e definições contratuais. É também nossa convicção, que para suportar a formação e dissolução de Empresas Virtuais dentro de *Virtual Breeding Environments* é, no entanto, necessário um nível de “conhecimento” que vise a criação de dinâmicas baseadas em comunidade, em contrapartida às dinâmicas baseadas em negociação e transacção.

O conhecimento é importante para as organizações, no sentido em que mais conhecimento conduz a uma maior capacidade para saber fazer e fazer bem, tornando-se assim um dos maiores bens de uma organização. No entanto, o conhecimento é complexo e usualmente difícil de imitar, o que faz dele também um recurso chave para gerar vantagem competitiva sustentável e a longo prazo. Além do mais, a chave para obter vantagem competitiva a longo prazo, não pode ser encontrada apenas na administração do conhecimento existente, mas também na capacidade de constantemente gerar novo conhecimento. Adicionalmente a outras responsabilidades e expectativas, uma organização que entra numa Rede de Empresas (RE) investe parte do capital de conhecimento através da partilha, e é natural esperar retorno de tal investimento. O processo de formação e dissolução de Redes de Empresas deve gerar novo conhecimento e consolidar o existente.

Numa abordagem preliminar ao tema, ficou a percepção que são vários os autores (Dyer e Nobeoka (2000), Liu e Brookfield (2000), Powell *et al.* (1996), Von Hippel (1988), Kale *et al.* (2001), Miles *et al.* (2000), Richter (2000) ou Wynstra *et al.* (2001), para citar alguns) que comungam da opinião que a gestão do conhecimento¹ tem de focar-se cada vez mais em rede, se as organizações quiserem ganhar e sustentar a vantagem competitiva. Assim, a motivação para o trabalho desenvolvido no âmbito desta dissertação surge no sentido de contribuir para uma maior eficácia nos processos de formação e dissolução de redes colaborativas, no que respeita à gestão da informação e conhecimento inter-organizacionais.

Verificando-se que as Redes de Empresas, e em particular as Empresas Virtuais (EV), tornam-se cada vez mais importantes nos cenários de negócio, principalmente devido à

¹ No âmbito desta tese, o termo “Gestão do Conhecimento”, na sua forma mais estrita, refere-se à criação, codificação e transferência do conhecimento.

descentralização e globalização, parece óbvio que a interoperabilidade semântica entre diferentes fontes de conhecimento é necessária nas aplicações de gestão do conhecimento inter-organizacional. Confrontados actualmente com a necessidade de modelar, estruturar, e interligar adequadamente o conhecimento para suportar a sua integração flexível e a apresentação personalizada ao utilizador, a resposta são as ontologias. Visam capturar o conhecimento de um domínio, proporcionando uma compreensão comum do mesmo, que pode ser reutilizado e partilhado através de redes e comunidades (Sure *et al.*, 2002b). O recurso à engenharia de ontologias para apoio à gestão da informação e do conhecimento em redes, é assim, motivação central desta dissertação.

Para que as empresas possam responder a esta nova forma de organização de um modo eficiente e dinâmico, mais do que permitir a acumulação e acesso a grandes quantidades de informação e conhecimento, a Gestão do Conhecimento deverá estar relacionada com formas eficientes de selecção, partilha e comunicação do conhecimento relevante. Para fazer face a esta necessidade, é imperativo que a Gestão do Conhecimento seja apoiada por uma metodologia adequada que suporte os processos de aquisição, criação, codificação, armazenamento, transferência, partilha e comunicação do conhecimento em rede. Deste ponto de vista, a Gestão do Conhecimento pode ser explicada como a gestão da envolvente organizacional, centrada no processo de fazer o conhecimento fluir por todas as diferentes fases do ciclo de vida de uma Rede de Empresas (Borghoff e Pareschi, 1997). Além disso, tratando-se de uma situação de *Virtual Breeding Environment* apoiada numa política de “cultivo” dos relacionamentos (confiança), que são a base para os processos de criação de conhecimento, temos também que ter em conta os efeitos de transformação que as tecnologias de informação e comunicação podem ter, especialmente, no que concerne à forma e intensidade da comunicação, cooperação e coordenação.

Constituiu também motivação para o desenvolvimento desta tese, o gosto pessoal pela área da gestão do conhecimento, que enquadrada num contexto actual e emergente como são as redes colaborativas, tomou um cariz ainda mais aliciante. A possibilidade proporcionada pelo INESC Porto, laboratório associado na temática de redes de cooperação empresarial, de desenvolver este trabalho de investigação, neste domínio particular, vieram reforçar a convicção de conseguir levar esta motivação a bom porto.

1.2 Problema

Do exposto na secção anterior, podemos então dizer que o âmbito deste trabalho se confronta com dois problemas principais. Por um lado, a formação de uma Empresa Virtual (EV),

1.2 PROBLEMA

no contexto de um *Virtual Breeding Environment* (VBE), requer ferramentas que tornem ágil o processo de formação no que diz respeito, em particular, ao estabelecimento de infra-estruturas de gestão da informação e conhecimento. Por outro lado, é fundamental que o conhecimento acumulado (por refinamento/alteração da ontologia da Empresa Virtual (EV) durante a sua operação) possa ser reutilizado.

Parece consensual entre os investigadores, que as Redes de Empresas (RE) desempenham uma função relevante no processo de transferência de conhecimento, onde os parceiros podem mais facilmente participar na difusão de melhores práticas e experiências. No entanto, existem barreiras no acesso e partilha do conhecimento, como sejam, a falta de uma linguagem legítima que todos os membros do grupo compreendam, o registo formal de falhas e hábitos que os membros do grupo partilham, procedimentos formais e paradigmas de cada empresa, competências altamente reconhecidas, a distância, ou mesmo as preferências por um modo de comunicação particular.

Constatando-se que as REs, e em particular as EVs, tornam-se cada vez mais importantes nos cenários de negócio, numa perspectiva de:

- Gestão, as contribuições mais relevantes focam-se em estudos empíricos para determinar como é que os factores organizacionais (económicos, sociais, sistémicos) influenciam a eficácia da Gestão do Conhecimento, com vista a um melhor desempenho;
- Tecnologia, algum do trabalho relevante tem sido desenvolvido na aplicação de ontologias, como uma infra-estrutura semântica para partilha do conhecimento entre os membros.

No entanto, da análise da literatura específica, verificou-se que não existe um trabalho de investigação relevante, que suporte explicitamente a formação e dissolução de Empresas Virtuais, nomeadamente na emergência, evolução, consolidação, acesso e dissolução do conhecimento. Algumas metodologias mais recentes, já abordam mais detalhadamente, quer aspectos relacionados com a reutilização de múltiplas ontologias, quer com a gestão da sua evolução. No entanto, não existe uma metodologia que guie todo o processo de reutilização do conhecimento no contexto de uma Empresa Virtual, envolvendo a construção e evolução de uma ontologia de suporte à sua operação, mas também a sua decomposição e armazenamento em módulos mais pequenos que facilitem a sua reutilização futura.

Dado neste trabalho ser abordada a questão da gestão do conhecimento recorrendo à engenharia de ontologias, no contexto particular de Redes de Empresas, a necessidade de rentabilização do conhecimento gerado em cada Empresa Virtual constituída é central. No entanto, a construção de uma ontologia, reutilizando outras, requer o recurso a técnicas específicas que

podem ir da simples inclusão de uma ontologia noutra, a outras mais complexas como, o alinhamento ou mapeamento de ontologias, que envolvem o tratamento do problema de heterogeneidade semântica. Particularmente, o trabalho desenvolvido por Maedche e seus colegas, no que diz respeito à questão de integração e mapeamento de ontologias heterogêneas e distribuídas parece ser promissor, dado estar mais em linha com o grau de autonomia das organizações que participam em Redes de Empresas, e particularmente, em Empresas Virtuais. No entanto, o processo de gestão do conhecimento com recurso a ontologias num contexto de Redes de Empresas, além de exigir ferramentas capazes de apoiar tarefas como a construção de ontologias, a possibilidade de consulta às mesmas, a gestão das alterações ou a sua classificação, exige também ferramentas e técnicas adequadas para apoiar (semi-) automaticamente a decomposição das ontologias utilizadas em segmentos mais pequenos, capazes de potenciar mais efectivamente a sua reutilização em novas parcerias.

Em síntese, pode dizer-se que as questões de investigação deste trabalho distribuem-se por 3 áreas principais: (1) redes de organizações (formação e dissolução), (2) gestão da informação e do conhecimento e (3) engenharia de ontologias.

1.3 Objectivos

Face aos problemas expostos, em traços gerais, pretende-se com este trabalho contribuir para uma maior agilidade e sustentabilidade dos processos de formação e dissolução de Empresas Virtuais, num contexto de *Virtual Breeding Environment*. Visto que, a informação partilhada e o conhecimento gerado neste contexto são componentes chave para o sucesso ou insucesso de qualquer parceria, e dado que a gestão da informação e do conhecimento envolvido na formação de uma Empresa Virtual, pode também ser vista como a gestão de relacionamentos e interações entre diferentes actores, directamente ou indirectamente envolvidos nas actividades, é objectivo deste trabalho desenvolver e validar métodos, modelos e técnicas que permitam suportar todo o processo de gestão da informação e do conhecimento envolvido no ciclo de vida de Empresas Virtuais, com destaque especial para as fases de formação e dissolução.

Assim, o objectivo geral deste trabalho concretiza-se nos seguintes objectivos específicos:

- i. Desenvolver métodos e ferramentas para apoiar a fase de dissolução de uma Empresa Virtual, no que respeita à gestão de informação e conhecimento, no contexto de um *Virtual Breeding Environment*, mais especificamente:

1.4 RESULTADOS

- Elaborar um método para segmentação da ontologia usada na operação de uma Empresa Virtual, de forma a identificar segmentos que possam ser reutilizados em futuras Empresas Virtuais.
- ii. Contribuir para tornar mais eficiente e eficaz a gestão da informação e do conhecimento na fase de formação de uma Empresa Virtual, no contexto de um *Virtual Breeding Environment*, mais especificamente:
 - Desenvolver uma abordagem (através da síntese de métodos e modelos estado-da-arte) para a classificação de ontologias (numa biblioteca de ontologias), de forma a permitir a sua pesquisa e selecção de acordo com as necessidades de uma Empresa Virtual;
 - Desenvolver uma abordagem (através da síntese de métodos e modelos estado-da-arte) para a composição da ontologia de uma Empresa Virtual, a partir de um conjunto de ontologias potencialmente utilizáveis, constantes numa biblioteca.
- iii. Um outro objectivo, decorrente do estudo necessário à prossecução dos objectivos acima enunciados, é o de contribuir para a consolidação das redes de empresas como forma privilegiada de organização industrial no contexto actual, principalmente através de uma conceptualização rigorosa dos conceitos relacionados com redes colaborativas, comunidades empresariais e *virtual breeding environments*.

Com a sistematização deste processo, pensamos poder contribuir com componentes importantes (em particular, o método para a decomposição de ontologias) para a implementação de plataformas colaborativas de gestão de ontologias em redes colaborativas.

1.4 Resultados

Atendendo ao objectivo de contribuir para a conceptualização e modelação do processo de gestão e manutenção da informação e conhecimento em *Virtual Breeding Environments*, a revisão do estado-da-arte feita permitiu sintetizar e especificar um Sistema de Biblioteca de Ontologias, que permite armazenar e gerir a informação e conhecimento gerados por cada Empresa Virtual, formada no contexto de um *Virtual Breeding Environment*, mas também a sua reutilização em Empresas Virtuais futuras.

O Sistema de Biblioteca de Ontologias inclui um Sistema de Registo de Ontologias, com vista a possibilitar o registo e armazenamento de cada ontologia, mas também a sua classificação através de uma Meta-Ontologia desenvolvida para o efeito. Além disso, o modelo descreve as métricas implementadas com objectivo de permitir a ordenação e selecção de ontologias por

pesquisa ao sistema. O objectivo é encontrar as ontologias adequadas para reutilização em determinada Empresa Virtual. São também dadas linhas orientação para apoiar o processo de composição de uma ontologia global reutilizando as ontologias seleccionadas, com vista a suportar a operação da Empresa Virtual em formação.

Para apoiar o processo de dissolução de cada Empresa Virtual (EV), é definido e implementado um algoritmo, cuja aplicação a uma dada ontologia resultante da EV permite a sua segmentação em ontologias mais pequenas por domínios complementares. A classificação dos segmentos obtidos é permitida através de uma Meta-Ontologia e de uma Ontologia de Domínios, possibilitando a actualização e armazenamento do conhecimento gerado, no âmbito de cada EV dissolvida, no Sistema de Biblioteca de Ontologias do *Virtual Breeding Environment*.

Os conceitos, modelos e ferramentas desenvolvidos são aplicados num caso de estudo na área da construção civil. Contextualizando o caso apresentado no âmbito de uma comunidade, apresenta-se a sua formalização e arquitectura de funcionamento.

1.5 Estrutura da Dissertação

Do título desta dissertação, “Engenharia de Ontologias para Redes Colaborativas”, somos levados para três áreas principais de investigação: (1) Redes colaborativas, (2) Gestão da informação e do conhecimento, e (3) Engenharia de Ontologias. Assim, depois de uma breve introdução ao tema, os três capítulos seguintes fazem uma revisão do estado-da-arte sobre as áreas do saber referidas.

No capítulo 2, começa-se com uma resenha histórica do aparecimento e evolução do conceito de rede até aos nossos dias, e prossegue-se com a definição do conceito de redes de organizações, incluindo as Redes Inter-Organizacionais, as Redes de Empresas (no caso particular das PME), e as Empresas Virtuais. Abordam-se as principais actividades envolvidas no ciclo de vida de uma Empresa Virtual, com destaque especial para as fases de formação e dissolução. Depois, apresenta-se o conceito de *Breeding Environment* como uma forma especial para o estabelecimento de Empresas Virtuais, e referem-se algumas abordagens inseridas neste contexto. Ainda, é apresentado o conceito de Comunidade Virtual e as suas principais formas de actuação. Finalmente, apresenta-se uma definição dos conceitos principais abordados neste capítulo, nomeadamente, Rede Colaborativa, Rede de Empresas, Empresa Virtual, *Virtual Bbreeding Environment*, Comunidade Virtual, Comunidade Profissional e Comunidade Virtual de Conhecimento. Este capítulo é concluído com uma proposta de um modelo de redes colaborativas de PME.

O terceiro capítulo desta tese trata a questão da gestão da informação e do conhecimento, no ambiente particular de Redes de Empresas. Depois de uma curta introdução às diversas formas de conhecimento e principais processos envolvidos na sua gestão, é analisada a importância e a forma como as Redes de Empresas encaram actualmente a partilha da informação, mas também, como aprendem e criam novo conhecimento (aprendizagem organizacional). É ainda tratada a questão da gestão da informação e do conhecimento, no contexto particular da formação e dissolução de Redes de Empresas ou de Empresas Virtuais. Faz-se a seguir uma revisão pelas principais arquitecturas de informação que têm sido implementadas no ambiente de Redes de Empresas, bem como dos Sistemas e Tecnologias de Informação usados, com destaque especial para os Sistemas de Gestão do Conhecimento. Finalmente, tecem-se algumas considerações sobre os resultados apresentados.

No quarto capítulo apresenta-se uma revisão, tão exaustiva quanto possível, dos principais conceitos relacionados com a engenharia de ontologias. Começa-se por analisar as necessidades sociais e técnicas na gestão do conhecimento, ao que se segue a apresentação de alguns exemplos de projectos ou trabalhos de investigação que recorreram ao desenvolvimento de ontologias ou à sua aplicação. Este estudo é estruturado em quatro áreas de aplicação principais: (1) e-commerce/e-business, (2) gestão do conhecimento e memórias corporativas, (3) recuperação de informação, e (4) portais web. Numa fase posterior, faz-se uma explanação do processo de gestão do conhecimento com recurso a ontologias, apresentando-se as principais linguagens, metodologias e ferramentas para apoiar o seu processo de construção. Nas duas últimas secções deste capítulo, são abordadas as questões da gestão de múltiplas ontologias e da gestão da sua evolução, respectivamente. São apresentadas e definidas algumas técnicas para o seu tratamento. Finalmente, faz-se alguma discussão sobre os resultados obtidos.

Os dois capítulos seguintes, tratam no primeiro caso, da apresentação do método desenvolvido para suportar os processos de composição e decomposição de ontologias, respectivamente, nas fases de formação e dissolução de um ambiente de Rede de Empresas, mais especificamente, de Empresas Virtuais no contexto de um *Virtual Breeding Environment*; e no segundo caso, da sua aplicação no caso de uma Comunidade Virtual de Conhecimento com patrocínio organizacional.

Assim, o capítulo 5 inicia-se com uma abordagem ao processo e sua contextualização, ao que se segue a descrição do mesmo. Seguidamente, apresentam-se e descrevem-se alguns objectos chave envolvidos neste processo. É definido o Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO) do *Virtual Breeding Environment*, usado para armazenamento e gestão das ontologias resultantes de cada Empresa Virtual formada, através da especificação de requisitos e descrição do cenário de

utilização. É também definido o Sistema de Registo de Ontologias (SRO) usado no SBO, apresentando-se as métricas usadas para ordenação das ontologias resultantes da pesquisa ao sistema, e a meta-ontologia para classificação das ontologias a registar e armazenar no sistema. Finalmente, e relativamente à reutilização de ontologias, apresenta-se a metodologia adoptada para composição e evolução da ontologia de suporte a cada Empresa Virtual em formação. Para o processo de decomposição de cada ontologia resultante, após dissolução da Empresa Virtual, descreve-se o algoritmo desenvolvido e implementado para automatização do mesmo. No final do capítulo, discutem-se os problemas, lacunas e vantagens do método desenvolvido.

No capítulo 6, descreve-se a aplicação do método apresentado no capítulo 5 ao caso de uma Comunidade Virtual de Conhecimento com patrocínio organizacional (caso do projecto europeu *Know-Construct*). Após uma breve introdução ao caso em estudo, descrevem-se resumidamente os principais objectivos do projecto. Apresenta-se, em seguida, a Comunidade Virtual de Conhecimento (Comunidade CIK) desenvolvida para a indústria da construção civil, caracterizando-se a mesma segundo a perspectiva de utilidade, do comportamento e dos “5Ps” de Constance Porter. Descreve-se a sua arquitectura funcional. Na secção seguinte, descreve-se, resumidamente, o processo de desenvolvimento de uma ontologia global (CIK *Ontology*) de suporte à comunidade em questão. Nas duas últimas secções, apresenta-se, respectivamente, a aplicação do algoritmo de decomposição (descrito no capítulo 5) à ontologia global de suporte à comunidade, para segmentação da mesma em várias ontologias de domínios complementares, e a aplicação das métricas, apresentadas também no capítulo anterior, para ordenação das ontologias resultantes de uma possível pesquisa ao Sistema de Biblioteca de Ontologias da Associação Industrial (aqui representada como um *Virtual Breeding Environment*). No fim, é apresentada alguma discussão sobre os resultados obtidos.

Finalmente, no último capítulo deste documento, é apresentado um resumo dos principais tópicos e objectivos da tese, tirando-se algumas conclusões sobre os resultados obtidos. São ainda referidas algumas limitações ao trabalho apresentado, e apontadas linhas de orientação para a investigação futura na prossecução dos objectivos da abordagem aqui apresentada.

Em anexo, são apresentados os resultados dos testes preliminares feitos para validação das métricas definidas para avaliação de ontologias; e a especificação do processo de desenvolvimento da CIK *Ontology*, com destaque para as fontes de conhecimento consideradas e os critérios seguidos para a avaliação das mesmas. Apresenta-se a estrutura da CIK *Ontology* e extractos dos principais componentes, em OWL Viz.

REDES DE PME: DAS PARCERIAS ÀS COMUNIDADES VIRTUAIS

Neste capítulo faz-se a caracterização das redes de PME. Começa-se por resumir a revisão do estado-da-arte feita à volta dos conceitos de Rede de Organizações e dos vários tipos conhecidos desta forma de colaboração organizacional. É tecida especial consideração sobre as formas de Empresas Virtuais, Virtual Breeding Environments e Comunidades Virtuais. Da análise feita, é ainda apresentado um modelo para caracterização de redes colaborativas de PME, enquadrado no seu ciclo de vida, com foco nas fases de formação e dissolução.

2.1 Introdução

As redes de negócio têm-se tornado numa das tendências de estratégias de negócio mais poderosas, envolvendo uma migração de hierarquias integradas verticalmente para redes de organizações flexíveis. A capacidade para rapidamente e de uma forma eficiente, manter e dissolver parcerias - *networkability* - é um factor crítico de sucesso (Österle *et al.*, 2000). Para inovar em infra-estruturas tecnológicas, modelos organizacionais, e ferramentas de suporte, é necessário compreender os padrões passados e presentes da cooperação inter-organizacional: como e quando é que as firmas se envolvem em tais padrões, com quem, o que é que fazem para organizar e controlar esta cooperação, o que é que as faz escolher uma forma de cooperação em detrimento de outra e em que circunstâncias, quais são os resultados e implicações para as empresas em rede e para o resto do mundo em geral (Castells, 1996; Ebers, 2002; Júnior, 2007).

2.1 INTRODUÇÃO

Vejamos resumidamente como têm evoluído, e como se têm reorganizado as estratégias de negócio e modelos organizacionais ao longo dos tempos. Em termos de evolução organizacional é conhecida como a primeira tendência e também a mais alargada, a identificada como a transição da produção em massa (“Fordismo”) para a produção flexível (“Pós-Fordismo”) (Piore e Sabel, 1984). O modelo de produção em massa foi baseado em ganhos de produtividade obtidos por economias de escala, em processos de produção mecanizados baseados em linhas de montagem de produtos padronizados, sob as condições de controlo de um mercado alargado através de uma forma organizacional específica: grandes empresas estruturadas nos princípios de integração vertical, e divisão do trabalho laboral técnica e socialmente institucionalizada.

A segunda tendência da evolução organizacional é identificada como a crise das grandes empresas, e em que as Pequenas e Médias Empresas (PME) voltam a ser os agentes de inovação e fontes de emprego. Para muitos observadores, a crise da corporação é a consequência necessária da crise da produção em massa, enquanto a revitalização da produção personalizada e a especialização flexível é melhor desencadeada por pequenos negócios. Apesar do mito (Harrison, 1992) que as PME permanecem muito sob controlo financeiro, comercial e tecnológico das grandes empresas, e por isso serem tecnologicamente menos avançadas e menos capazes de inovar no processo e na produção do que as grandes empresas, Schiatarella (1984) afirmou com base num estudo em PME italianas, que os pequenos negócios têm excedido as grandes empresas na criação de trabalho, nas margens de lucro, no investimento per capita, na mudança tecnológica, na produtividade, e no valor acrescentado. Um estudo na estrutura da indústria Japonesa permitiu concluir também que é precisamente esta densa rede de PME subcontractadas, que se situam na base da competitividade (Friedman, 1988). Piore e Sabel (1984) previram a possibilidade de modelos de corporação através do que chamaram “*Multinational Keynesianism*”, que consiste na expansão e conquista de mercados mundiais através de aglomerados corporativos. Também aqui, as PME demonstraram serem formas organizacionais bem adaptadas ao sistema de produção flexível da economia de informação.

A terceira tendência diz respeito a novos métodos de gestão (“Toyotismo”), muitos deles com origem em empresas japonesas. Estes métodos tiveram a sua demonstração principalmente através dos designados modelos *Just in Time*, em formas de controlo da qualidade total dos produtos e no envolvimento dos trabalhadores no processo de produção (grupos de trabalho, iniciativa descentralizada, recompensas por desempenho do grupo, etc.). A estabilidade e complementaridade dos relacionamentos entre a empresa central e a sua rede de fornecedores são extremamente importantes para a implementação deste modelo (Friedman, 1988). De salientar também a importância da desintegração vertical da produção ao longo da rede de empresas, processo este que substitui a integração vertical dos departamentos dentro da mesma estrutura corporativa. Também

aqui se verificou que a rede permite uma maior diferenciação do trabalho e dos componentes da unidade de produção, e provavelmente edifica-se em maiores incentivos e responsabilidade, sem necessariamente alterar os padrões de concentração do poder industrial e de inovação tecnológica. “Toyotismo” é portanto, um sistema de gestão desenhado para reduzir a incerteza, mais do que encorajar a adaptabilidade. Pode-se concluir então que a principal diferença entre o “Toyotismo” e o “Fordismo”, é que o primeiro não tem a ver com os relacionamentos entre empresas, mas sim entre a gestão e os trabalhadores. Também, o que essencialmente distingue as empresas americanas das japonesas, é o facto de as primeiras darem mais importância à eficiência obtida através da especialização e demarcação precisa do trabalho; ao passo que as segundas, se centrarem mais na capacidade dos grupos de trabalho para responder autonomamente a necessidades locais emergentes, a qual é desenvolvida através da aprendizagem, fazendo e partilhando conhecimento, desde a linha de produção até às hierarquias de topo (Castells, 1996; Nonaka e Takeuchi, 1995).

Mais tarde, duas outras formas de flexibilidade organizacional foram identificadas. Estas tendências são então chamadas de “Rede Inter-Organizacional” e distinguem dois modelos: (1) modelo de rede multi-direccional levado a cabo por PME, e o (2) modelo de co-operação (Castells, 1996, 2001). Como já foi referido anteriormente, é verdade que as PME estão muitas vezes sob controlo de arranjos contratuais ou domínio tecnológico/financeiro de grandes empresas. No entanto, tomam também muitas vezes a iniciativa de estabelecer relacionamentos em rede com diversas empresas de grande dimensão ou com outras PME, conseguindo assim atingir nichos de mercado e partilha de riscos. Neste contexto, redes de produção e distribuição formaram-se, desapareceram e reformaram-se com base em variações do mercado através dos sinais transmitidos por intermediários, muitas vezes usando uma rede a que chamavam de “espiões comerciais” nos principais mercados mundiais. Muitas vezes, a mesma pessoa detinha as funções de empresário e trabalhador assalariado em diferentes pontos no tempo, de acordo com as circunstâncias do ciclo do negócio e as próprias necessidades familiares. Por outro lado, um exemplo diferente de uma rede de produção é o chamado “Modelo Benetton” (Harrison, 1992). Como é do conhecimento geral, esta é uma empresa multinacional que cresceu de uma pequena empresa familiar e opera actualmente numa base de *franchising* para distribuição exclusiva dos seus produtos. Este tipo de organização em rede é uma forma intermediária de arranjo entre a desintegração vertical, através de arranjos de sub-contratação de uma empresa de grande dimensão, e redes horizontais de pequenos negócios. É uma rede horizontal, mas baseada num conjunto de relacionamentos “centro-periferia” (Castells, 1996).

Outro padrão organizacional refere-se à interligação de grandes empresas e é designado “Alianças Estratégicas” (Cohen e Levinthal, 1990; Ernst, 1994, 2001b; Júnior, 2007). Estas formas

2.1 INTRODUÇÃO

são muito diferentes das anteriores, porque têm a ver com tempos, mercados, produtos, e processos específicos, e não excluem a competição, na maioria das áreas não coberta por acordos. Têm sido particularmente relevantes em indústrias de alta-tecnologia. O acesso a mercados e a outros recursos de capital é muitas vezes trocado por competências de fabrico e tecnologia; ou então, são reunidos esforços para desenvolvimento de um novo produto ou uma nova tecnologia, muitas vezes sob parcerias governamentais. Por exemplo, muitas vezes as PME recebem financiamento da União Europeia para Investigação e Desenvolvimento (I&D), numa base de estabelecimento de *Joint Ventures* entre empresas de diversos países (Castells, 2001; Ernst, 2001a).

Assim, podemos concluir que as grandes empresas têm vindo a mudar o seu modelo organizacional ao longo do tempo, para se adaptarem às condições dinâmicas anunciadas pela rápida mudança económica e tecnológica. A principal mudança pode ser caracterizada como um desvio das burocracias verticais para a empresa horizontal, caracterizada por uma organização à volta do processo e não da tarefa, gestão de grupo, medição do desempenho através da satisfação do cliente, maximização dos contactos com os clientes e fornecedores, informação e formação dos empregados, e também pelo uso de uma estrutura organizacional plana. No entanto, verifica-se que as estratégias de rede adicionaram flexibilidade ao sistema, mas não resolveram o problema de adaptabilidade, isto é, a questão está mais na mudança de mentalidades do que na mudança tecnológica, pois verificou-se que o principal obstáculo na adaptação das empresas verticais aos requisitos de flexibilidade da economia global foram a rigidez das culturas empresais (Júnior, 2007). Seja qual for a estratégia seguida, as empresas têm por um lado, de relacionar-se com uma variedade de parceiros de negócio, e por outro lado, existe troca de informação entre esses vários parceiros. A informação circula assim através das redes, que podem ser redes de empresas, redes dentro das empresas, redes sociais e redes de computadores. Este modelo de empresa horizontal caracteriza-se, em suma, por ser uma rede dinâmica e estrategicamente planeada de unidades auto-programadas e auto-dirigidas baseada na descentralização, participação e coordenação. A formação de redes de sub-contratação centradas em grandes empresas é um fenómeno diferente da formação das redes horizontais de PME. As várias tendências interagem umas com as outras, influenciam-se entre si, mas têm todas dimensões diferentes num processo fundamental: o processo de desintegração do modelo organizacional das burocracias verticais, características das grandes empresas sob as condições da produção em massa (Castells, 2001). O tempo histórico destas tendências também é diferente, e a sequência no tempo da sua difusão é extremamente importante para compreender o seu significado social e económico. Em suma, “*as redes são a matéria fundamental da qual as novas organizações são e serão feitas*” (Castells, 1996).

Segundo Nohria e Eccles (1992), o aumento do interesse no estudo de redes organizacionais deve-se a:

- O sucesso da chamada nova competição, na qual as empresas buscam dirigir a sua organização interna no sentido de redes, estabelecendo relações colaborativas, em vez de competitivas.
- O desenvolvimento tecnológico recente, sendo que novas tecnologias da informação tornaram possível um conjunto inteiramente novo de arranjos produtivos mais desagregados, distribuídos e flexíveis.
- O amadurecimento da análise de rede como disciplina académica. Essa análise irrompeu do trabalho de alguns investigadores da área da sociologia, e ganhou *status* de perspectiva central na investigação académica.

No caso particular das PME, a sua capacidade para se ligarem em rede entre si, e também com grandes empresas, torna-se também dependente da disponibilidade de novas tecnologias, uma vez que o horizonte das redes se torna global. A complexidade da rede de alianças estratégicas, dos acordos de sub-contratação, e da tomada de decisão descentralizada para grandes empresas seria simplesmente impossível de gerir sem o desenvolvimento de redes de computadores. Dieter Ernst (1994) mostrou que, a convergência entre os requisitos organizacionais e a mudança tecnológica estabelece a rede como uma forma fundamental de competição na nova economia global. A cooperação e o “*networking*” oferecem a única possibilidade de partilhar custos e riscos, bem como de manter a informação constantemente renovada. As redes actuam como “guardiões da porta”, isto é, dentro das redes, novas possibilidades são persistentemente criadas; fora das redes, a sobrevivência é incrivelmente difícil. Sob as condições de rápidas e dinâmicas mudanças tecnológicas e sociais, as redes, não os mercados ou as hierarquias, têm-se tornado a forma de operação actual (Castells, 1996, 2001; Ebers, 2002; Júnior, 2007).

2.2 O Conceito de Rede de Organizações

Na última década, o foco de investigação na área das Redes Inter-Organizacionais (RIO) tem mudado gradualmente da forma de alianças estáveis entre parceiros, como Cadeias de Fornecimento (CF), para formas de cooperação mais temporárias, como as Empresas Virtuais (EV). Convém no entanto fazer-se uma distinção clara entre estes conceitos.

2.2.1 *Redes Inter-Organizacionais*

Face à resenha histórica descrita na secção 2.1, já é possível ter uma ideia das principais motivações que podem conduzir as organizações a participar numa rede. No entanto, para melhor compreender as vantagens desta forma de organização face a outras¹, sumariam-se a seguir algumas questões mais relevantes (a extensão da literatura neste âmbito é muito vasta).

Assim, uma Rede Inter-Organizacional (RIO) é uma forma organizacional que institucionaliza relacionamentos de troca recorrentes entre um conjunto limitado de actores (indivíduos e grupos num contexto organizacional). Esses actores retêm um controlo residual sobre os seus recursos, embora algumas vezes negoceiem e dividam colectivamente esses recursos. As RIOs divergem dos mercados, no sentido em que as transacções entre os actores envolvem planos de coordenação e actividades essencialmente bilaterais. As RIOs também divergem das hierarquias, no sentido de que não estabelecem um actor cooperativo, mas retêm controlo e decisão unilateralmente, tendo em vista os seus recursos e a sustentação de algum risco residual (Ebers, 2002).

Redes Inter-Organizacionais apresentam vantagem competitiva sobre outras formas que integrem verticalmente relacionamentos de troca idênticos (por exemplo, Cadeias de Fornecimento), devido à ligação entre a distribuição de resultados, riscos e recompensas permitir a redução dos custos de coordenação. Além disso, o elevado grau e âmbito de partilha de informação, mútuas obrigações e as ligações para tomada de decisão às firmas em parceria, conduz a uma melhor coordenação e controlo inter-organizacional (Castells, 1996; Ebers, 2002). Castells (1996) já defendia esta ideia quando se referia às formas organizacionais características das empresas asiáticas, em que a confiança e a reputação dentro de uma dada rede sempre foram consideradas as qualidades de maior valor e portanto a regra mais severamente sancionada no caso de incumprimento por alguma das partes. Assim, Castells defendeu que para a hierarquia de obrigações ser estruturada numa base de mútua confiança têm de ser estabelecidas redes estáveis.

Logo, as RIOs têm vantagens sobre as formas de mercado e hierarquias (por exemplo, *joint ventures*, alianças estratégicas, etc.), dado proporcionarem aos participantes da rede um ambiente organizacional estável e de mútua confiança, onde os membros trabalham em conjunto para otimizar a sua competitividade usando recursos e experiências partilhados. As organizações em RIOs são capazes de criar *know-how* e competências, devido à rede dinâmica de recursos e a uma base de conhecimento rica, proporcionando uma forma única e difícil de imitar. Esta forma

¹O quadro conceptual de análise de Ebers (2002) estudou as Redes Inter-Organizacionais como uma forma de organização ao mesmo nível dos mercados e hierarquias.

organizacional é também uma parceria de empresas especializadas operando numa cultura de confiança pré-determinada (Camarinha-Matos, 2003; Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2003), com um conjunto de regras e regulamentações pré-definidas acerca da detenção, segurança e protecção do conhecimento, o qual facilita a rápida formação de parcerias temporárias. Destacamos essencialmente duas questões: (1) *ambiente de confiança* proporcionado (idealmente) por uma RIO e a (2) *partilha de recursos, informação e conhecimento* (exigida de acordo com o nível de complexidade) (Franke, 2000; Saabeel *et al.*, 2002; Simões e Soares, 2004).

As Redes Inter-Organizacionais (RIO) desempenham, portanto, um papel fundamental na sustentação de outros fenómenos, como sejam, as Empresas Virtuais (EVs). As RIOs podem servir como facilitadoras do estabelecimento de EVs, nas quais o relacionamento entre empresas seja mais intenso e próximo. Ernst (1994) identificou 5 tipos de redes:

Redes de Fornecedores - incluem arranjos de sub-contratação entre o cliente (empresa em foco) e os seus fornecedores de produtos intermediários.

Redes de Produtores - incluem todos os tipos de arranjos de co-produção que permitem aos produtores concorrentes repartir as suas capacidades de produção, financeiras, e de recursos humanos, por forma a alargar o seu portefólio de produtos e a sua cobertura geográfica.

Redes de Clientes - consistem em ligações de empresas de fabrico com distribuidores, canais de marketing, revendedores de valor acrescentado e utilizadores finais, quer nos mercados de exportação, quer nos mercados nacionais.

Coligações - são iniciadas por potenciais patentadores de normas globais, com o propósito explícito de controlar tantas empresas quanto possível, nos seus produtos ou nas normas de interface.

Redes de Cooperação Tecnológica - facilitam a obtenção do desenho dos produtos e de tecnologia de produção, permitindo o desenvolvimento conjunto do produto e do processo, e permitindo também que conhecimento genérico e I&D sejam partilhados.

Em suma, e citando Castells (2001): “... a rede empresarial não é nem uma rede de empresas nem uma organização em rede intra-firma. Mais, é uma agência “magra” da actividade económica, construída à volta de projectos de negócio específicos que são levados a cabo por redes de diversas composições e origens: a rede é a empresa. Enquanto as firmas continuam a ser a unidade de acumulação de capital, direitos de propriedade, e gestão estratégica, a prática de negócio é desempenhada por redes *ad hoc*. Essas redes têm a flexibilidade e adaptabilidade requerida pela economia global sujeita à rigidez da inovação tecnológica e estimulada por uma mudança na procura rápida”.

2.2.2 Empresas Virtuais

Uma Empresa Virtual (EV) pode ser caracterizada como uma cooperação inter-organizacional, onde empresas individuais juntam competências e recursos, de forma a estabelecer uma cadeia de valor que é configurada exactamente com o propósito de cumprir uma necessidade de mercado específica. Quando essa necessidade é satisfeita, a Empresa Virtual dissolve-se. As Empresas Virtuais são assim caracterizadas por uma elevada flexibilidade, ao contrário de uma Cadeia de Fornecimento, que possui características de relativa rigidez. Assim, os processos de negócio não são levados a cabo por uma única empresa, mas cada empresa é um nodo na Empresa Virtual que adiciona algum valor à cadeia.

As Redes de Empresas, e o caso particular das redes de PME, são constituídas por empresas individuais que conjuntamente estão disponíveis para explorar oportunidades de negócio através do lançamento de Empresa Virtuais. O principal propósito da Rede de Empresas é preparar a Empresa Virtual, isto é, estabelecer acordos mútuos entre os seus membros em questões como, normas comuns, processos de negócio, procedimentos, direitos de propriedade intelectual, acordos de cooperação, e tecnologias de informação e comunicação, de forma a que o tempo dispendido nessas preparações possa ser significativamente diminuído quando um requisito de um cliente chega e a Empresa Virtual é colocada em acção (Ebers, 2002; Katzy e Löh, 2003; Simões e Soares, 2004). A Rede de Empresas (RE) pode assim ser vista como um portefólio de centros de competência e na situação ideal, como um “*Breeding Environment*” (este conceito é discutido em pormenor na secção seguinte) da qual diferentes EVs podem ser estabelecidas de forma a satisfazer diferentes necessidades dos clientes. Em suma, o que distingue uma Rede de Empresas de uma Empresa Virtual é que na rede não existe a noção de um produto, projecto ou contrato específico, ao passo que a empresa virtual é construída com um propósito específico em mente, isto é, um contrato específica a distribuição de um produto ou serviço específico para um determinado cliente. A Rede de Empresas pode assim, ser percebida como uma cooperação de relativamente longo curso que normalmente lança múltiplas Empresas Virtuais (Bacquet *et al.*, 2004) (ver Figura 2.1).

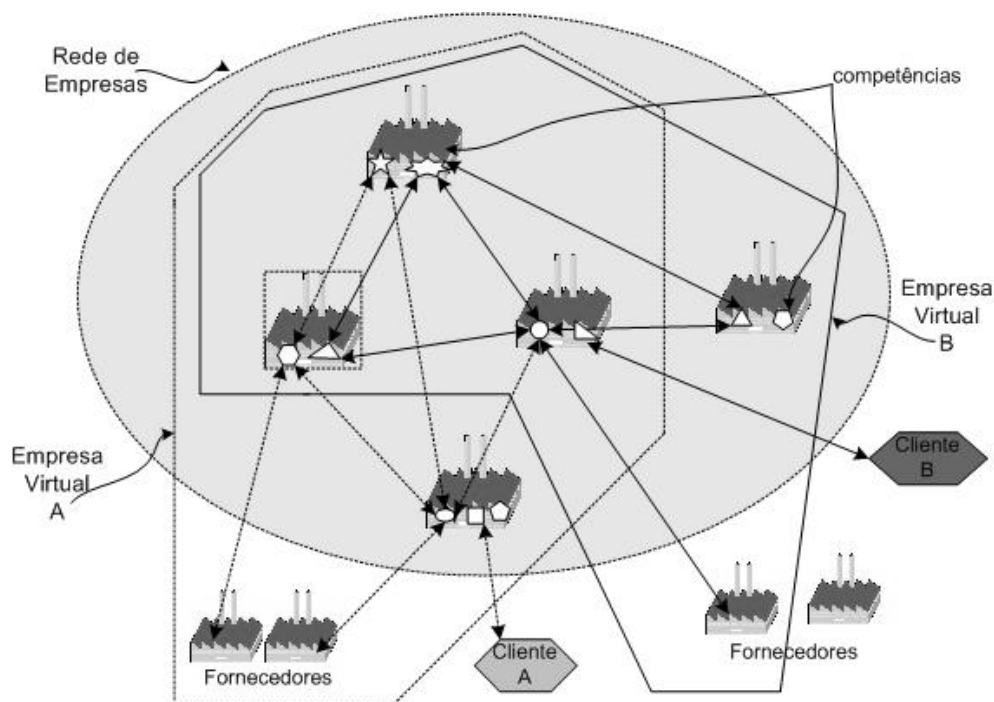


Figura 2.1 - Rede de Empresas e Empresas Virtuais (Bacquet *et al.*, 2004).

Neste contexto particular, as Empresas Virtuais (EV) ou Organizações Virtuais (OV) são entendidas como tipos particulares de Redes Inter-Organizacionais, ou mais especificamente, de Redes de Pequenas e Médias Empresas. No entanto, apesar de muitos autores não fazerem distinção entre estes dois conceitos, em Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2004) é feita a sua caracterização de forma distinta. Assim, Empresa Virtual é definida como uma aliança temporária de empresas que se juntam para partilhar competências ou experiências e recursos, de forma a melhor responder a oportunidades de negócio, e cuja cooperação é suportada por redes de computadores. Organização Virtual é definida como compreendendo um conjunto de organizações (legalmente) independentes, que partilham recursos e competências para atingir a sua missão ou objectivo, mas que não estão limitadas a uma aliança com a finalidade de lucros empresariais. Empresa Virtual é assim ainda um caso particular de Organização Virtual.

No caso particular das Empresas Virtuais, Faisst (1997) distingue 3 tipos de redes (os dois primeiros tipos são principalmente baseados em relações de longa duração):

- Empresas legalmente independentes, que muitas vezes cooperam na forma de uma rede estável ou “*pool*”. Este tipo de cooperação beneficia de um elevado grau de confiança mútua, reforçada por repetidas cooperações.

2.2 O CONCEITO DE REDE DE ORGANIZAÇÕES

- Misto de empresas e entidades “*pooled*”, que surge quando à “*pool*” falta o centro de competências necessário. Durante a missão, este novo parceiro externo é temporariamente integrado na “*pool*”.
- Combinação de empresas que se juntam espontaneamente, e se dispersam depois da oportunidade de negócio ter sido agarrada.

No entanto, distinguem-se também aqui duas perspectivas para definição deste conceito (Saabeel *et al.*, 2002; Swan *et al.*, 1999), verificando-se que a maior parte da literatura define esta forma organizacional numa *perspectiva de estrutura*, por exemplo, “*tipo de cooperação (rede ou aliança) entre organizações, companhias, grupos ou indivíduos*” (Ackoff *et al.*, 2001) ou “*rede temporária de empresas independentes que se juntam rapidamente para explorar oportunidades de mercado em rápida mudança*” (Byrne, 1993) ou ainda “*aliança oportunista de centros de competência distribuídos entre um número de entidades de operação distintas, dentro de uma única grande empresa ou entre um grupo de empresas independentes*” (Goldman *et al.*, 1995). Sendo portanto uma definição focada apenas nas partes constituintes da organização virtual e nas suas propriedades. Como elementos, destacam-se: actores (organizações, indivíduos, etc.), recursos (centros de competência) e actividades. Segundo esta perspectiva, a análise desta forma organizacional consiste na definição dos elementos e relacionamentos de uma Empresa Virtual (configuração da rede).

No entanto, a definição de Organização/Empresa Virtual aparece também, embora com menor frequência, associada a uma abordagem mais de gestão (Mowshowitz, 1986) ou estratégica (Venkatraman e Henderson, 1998), considerada como *perspectiva do processo*. Desde que Mowshowitz (1986) usou o termo pela primeira vez, muitos outros autores têm criado diferentes termos e definições para descrever esta nova forma de organização em rede. O conceito de “*virtualness*”, tal como aplicado às organizações, é definido como “*a capacidade de uma organização para obter e coordenar, de uma forma consistente, competências críticas, através do desenho de processos de negócio de valor acrescentado e de mecanismos de governação envolvendo círculos internos e externos para distribuir valor acrescentado e diferenciador no mercado*” (Venkatraman e Henderson, 1998). Mais tarde, estes autores definiram “*virtual organizing*” como “*uma abordagem estratégica apenas focada na criação, sustentação e distribuição sistemática de bens de conhecimento e intelectuais chave, enquanto obtêm bens físicos, tangíveis numa complexa rede de relacionamentos*”. Petersen e Gruninger (2000) definiram Empresa Virtual como “*uma constelação orientada ao objectivo de entidades distribuídas (semi)autónomas*”. Cada entidade (que pode ser uma organização ou um indivíduo) tenta maximizar os seus lucros, bem como contribuir para a definição e alcance dos objectivos globais da Empresa Virtual.

Empresas Virtuais não são portanto estruturas organizacionais rígidas dentro de quadros conceptuais rígidos, mas sim, grupos heterogêneos, evoluindo continuamente ao longo do tempo.

Segundo a *perspectiva do processo*, a análise desta forma organizacional consiste na definição de funções e tarefas necessárias para a reconfiguração e renovação de uma Empresa Virtual, como resposta às mudanças das necessidades dos clientes e das condições de mercado. Sobre o processo (identificação, formação, operação e dissolução), esta perspectiva tem-se focado essencialmente na fase da operação, como demonstraremos mais adiante, quando abordarmos as aplicações de ontologias nas várias fases do ciclo de vida das Empresas Virtuais.

2.3 Processos de Formação e Dissolução

Existem na literatura diferentes definições para as fases do ciclo de vida de uma Empresa Virtual. Faisst (1997), por exemplo, identifica cinco fases: identificação, formação, desenho, operação e dissolução. Já Katzy (1998), Katzy e Löh (2003), Mowshowitz (1999), Petersen *et al.* (2002), Saabeel *et al.* (2002), Strader *et al.* (1998) ou Zaidat *et al.* (2003) fazem referência a apenas quatro fases, como sejam, identificação, formação, operação e dissolução. No entanto, na sua essência, todos caracterizam de forma semelhante o ciclo de vida de uma Empresa Virtual. Neste trabalho, e baseado nas referências anteriormente citadas, adoptam-se e distinguem-se como sendo três as fases principais do ciclo de vida de uma Empresa Virtual: formação, operação e dissolução (ver Figura 2.2).



Figura 2.2 - Modelo do ciclo de vida de uma Empresa Virtual (baseado em Strader *et al.* (1998)).

De forma a suportar as várias fases do ciclo de vida das Empresas Virtuais, as tecnologias de informação e comunicação desempenham um importante papel, que será tanto mais eficaz quanto melhor conseguirem satisfazer os seus requisitos. Assim, para suportar essa rede de parceiros é importante existir uma infra-estrutura de rede de informação (por exemplo, a Internet) que permita

2.3 PROCESSOS DE FORMAÇÃO E DISSOLUÇÃO

uma conectividade ponto-a-ponto altamente automatizada. Por se tratar de empresas independentes, é também necessária uma infra-estrutura adequada para permitir a ligação entre arquitecturas de sistemas de informação heterogéneos. Infra-estruturas adequadas são também necessárias para encontrar os melhores parceiros. Devido à sua característica de curta-duração e orientada à missão, é importante o suporte de canais de comunicação que permitam o estabelecimento (e a terminação) rápido, usando normas abertas e protocolos uniformes, suporte na integração temporária dos Sistemas e Tecnologias de Informação (STI) dos parceiros, e também, que sejam disponibilizadas estruturas de tecnologias de informação e organizacionais adaptáveis (reconfiguráveis). De forma a reduzir a burocracia necessária, são também necessários adequados sistemas de planeamento, decisão, execução e controlo (Faisst, 1997; Katzy e Löh, 2003; Majchrzak *et al.*, 2000; Tetteh, 1999; Zaidat *et al.*, 2003).

Fases	Actividades	Principais tarefas do <i>Broker</i>
Formação	Identificação e selecção de oportunidades; Identificação e selecção dos parceiros e formação da parceria	Pesquisa e reconhecimento de oportunidades de mercado.
		Planeamento da cadeia de valor.
		Estimativa de custos e retornos.
		Procura e selecção das organizações (parceiros)/indivíduos.
		Definição das funções que deverão ser executadas.
		Formação do capital.
Operação	Desenho, marketing, gestão financeira, fabrico, distribuição	Apoio na angariação do financiamento necessário.
		Desenho do material e dos fluxos de informação.
		Repositório de informação da missão (que informação da missão está a ser armazenada e como).
		Quadro legal que especifica os arranjos contratuais entre os membros.
		Regras do negócio e arranjos financeiros.
Dissolução	Dissolução da operação e dispersão dos bens	Controlo dos sistemas (custos, qualidade, etc.).
		Arquivo e distribuição da informação da missão aos membros.
		Representação residual da empresa (pós-venda).
		Venda de quaisquer interesses residuais a terceiras entidades.

Tabela 2.1 - O papel do *Broker* no ciclo de vida das Empresas Virtuais (baseado em Katzy e Löh (2003) e Saabeel *et al.* (2002)).

No sentido de influenciar os parceiros de forma a atingir-se confiança mútua entre si, considera-se frequentemente a existência de um mediador (*broker*) na rede (ver Tabela 2.1), cujas

tarefas apoiadas em tecnologias de informação e de comunicação adequadas, podem dar um significativo avanço nesse sentido.

Salientamos aqui o caso particular de uma Rede de Empresas em contexto de *Virtual Breeding Environment* (VBE), cuja conceptualização será tratada em pormenor na secção 2.4, mas que sendo uma aliança de longo curso, e considerando o seu válido “saco de bens” gradualmente recolhido, a sua dissolução é considerada uma situação não muito usual (Afsarmanesh e Camarinha-Matos, 2005; Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2007). É muito mais provável que um VBE vá para outro estágio, que os autores chamam de metamorfose, onde pode evoluir mudando a sua forma e propósito. Neste caso, são consideradas como fases do ciclo de vida de um VBE:

- Formação - fase envolvendo iniciação e recrutamento (relacionado com o planeamento estratégico e a incubação inicial) e fundação (relacionada com a constituição e arranque).
- Operação/evolução - fase normal de existência do VBE, e pequenas mudanças na parceria e princípios de operação diários.
- Metamorfose - grandes mudanças nos objectivos, princípios ou parceria conduzindo a uma nova forma de organização (há preservação do conhecimento).
- Dissolução - quando a entidade colaborativa cessa a sua existência.

2.3.1 Formação

Esta fase inicia-se, segundo a abordagem deste trabalho (ver Figura 2.2), com a identificação e selecção de oportunidades de negócio, implicando a pesquisa e reconhecimento de oportunidades de mercado, planeamento da cadeia de valor e estimação de custos e retornos.

Após estar identificada a área de negócio, inicia-se um dos estágios mais importantes no ciclo de vida de uma Empresa Virtual (EV), ou seja, a formação da parceria propriamente dita. Dado que o seu ciclo de vida é limitado, torna-se necessário que a sua formação seja rápida, de forma a cumprir prazos de acordo com os objectivos definidos. Como uma parte do processo de formação consiste na selecção de parceiros de um determinado conjunto (*pool*), e é importante que se seleccionem sempre os melhores e os mais adequados, há algumas questões que se levantam à partida e que é necessário pensar e formular. Como exemplos, podemos ter: o que se pretende desses parceiros, quais são os atributos principais que procuramos, como podemos julgar cada parceiro ou grupo, que critérios devemos usar para comparar dois parceiros ou grupos de parceiros entre si, etc.

Na investigação sobre a formação de Empresas Virtuais, uma das correntes principais tem sido os agentes de software como solução tecnológica, em que estes representam os parceiros da

2.3 PROCESSOS DE FORMAÇÃO E DISSOLUÇÃO

EV (Faisst, 1997; Oliveira *et al.*, 1999; Petersen e Divitini, 2002; Petersen e Gruninger, 2000; Petersen *et al.*, 2002; Rocha e Oliveira, 1999). Por exemplo, a pesquisa na Internet pode ser facilitada por agentes de software inteligentes, que organizam e sistematicamente filtram as “descobertas”. Um agente inteligente compreende um meta-motor de pesquisa (para uso paralelo de diferentes motores de pesquisa), e módulos de inteligência artificial, por exemplo, para conhecimento do domínio (por exemplo, thesaurus ou rede semântica), e um modelo de utilizador (por exemplo, para personalizar o leque de “descobertas”). Uma pesquisa na Internet poderia também ser útil para localizar fontes de capital de risco (por exemplo, oportunidades de financiamento governamentais ou investidores privados).

Sobre o uso de agentes para suportar a formação de Empresas Virtuais, Malucelli (2006), Oliveira *et al.* (1999), Petersen e Divitini (2002), Petersen e Gruninger (2000) ou Rocha e Oliveira (2001) têm desenvolvido um vasto trabalho. Na sua abordagem, Petersen e os colegas propõem um modelo baseado em agentes em que cada entidade é representada por um agente, e a quem, no contexto dos mercados electrónicos, compete tornar-se parceiro de uma EV. São descritos os atributos dos agentes que são requeridos e as questões relacionadas com a selecção dos parceiros; realçando em particular a necessidade de seleccionar parceiros, considerando não as entidades individuais por si só, mas também, como podem contribuir para o grupo de parceiros desejado. Este modelo descreve a Empresa Virtual em termos das suas entidades e relacionamentos.

Uma Empresa Virtual tem um objectivo (ou conjunto de objectivos) que é atingido (ou são atingidos) através de um conjunto de actividades que são executadas por funções, as quais são cumpridas por agentes (Petersen e Divitini, 2002; Petersen e Gruninger, 2000). Funções requerem um conjunto de competências. Entidades são descritas usando atributos (conteúdos internos), e não apenas através do modo como se relacionam umas com as outras. Relacionamentos entre entidades são representados usando o cálculo de predicados e um conjunto de regras descrevendo como podem ser usados. Os agentes são classificados como: (1) Iniciador – quem toma a iniciativa de formar a EV (pode também ser um cliente); e (2) Parceiro – as pessoas que formam a EV.

Durante a formação, os parceiros evoluem pelos seguintes estágios: (1) Parceiro interessado – está interessado em tornar-se parte da EV e faz a proposta; (2) Parceiro potencial – é considerado para a EV e é negociado o contrato; (3) Parceiro EV – é seleccionado como parte do grupo EV. Em cada estágio, os agentes são descritos pelos atributos: (a) Iniciador – objectivos, disponibilidade, requisitos EV e data limite; e (b) Parceiro – objectivos, disponibilidade, competências, número de competências, custo por hora, número de horas gasto a executar o trabalho, taxa de desempenho, nível de compromisso, risco envolvido em o incluir na EV. A alguns atributos relacionados com a competência são feitas restrições, por exemplo, de disponibilidade (limitado pela data de início e de

fim), de custo total de ter o parceiro (total de horas * carga por hora), de nível de compromisso (estabelecer um custo a pagar se quebrar o compromisso antes de cumprir os objectivos) e de risco (custo total de ter o parceiro - custo de quebrar o compromisso) (Petersen e Divitini, 2002; Petersen e Gruninger, 2000).

O processo de selecção envolve o alinhamento dos objectivos (verificar se os objectivos do parceiro e da EV estão em consonância); o relacionamento entre competências e disponibilidade; a avaliação da proposta individual (é feita usando a função multi-atributo, em que para cada qualificação da oferta, é verificado se os valores dos atributos cumprem as restrições); e finalmente a selecção do grupo (o conceito de grupo é um ponto importante na formação da EV, dado que os parceiros têm de colaborar e trabalhar como grupo para atingir os objectivos da EV) (Petersen e Divitini, 2002; Petersen e Gruninger, 2000). Isto leva-nos a que o melhor conjunto de parceiros seleccionado das propostas individuais pode não ser necessariamente o melhor grupo. Ainda, nem sempre o melhor grupo é o que tem a classificação mais elevada dos potenciais parceiros (Petersen *et al.*, 2002).

A comunicação inclui a identificação do iniciador EV (anúncio) - objectivos da EV, competências requeridas, prazo para resposta, etc.; a identificação dos parceiros interessados (proposta) - objectivos do parceiro, lista de atributos e os seus valores (os atributos incluem as competências); e a identificação dos parceiros potenciais - negociação com o iniciador. Neste caso, considera-se o custo total dos parceiros no grupo e o risco total de ter os parceiros no grupo, como factores principais determinantes da função utilidade para a selecção de um grupo (Petersen e Divitini, 2002; Petersen e Gruninger, 2000). No entanto, podemos verificar que os atributos que definem o melhor grupo para uma EV podem nem sempre ser definidos *à priori*, e existe muitas vezes a necessidade de mudar ou redefinir a função utilidade, para seleccionar o grupo durante o processo de selecção

Ainda, na abordagem de Petersen e dos colegas, a função negociação tem lugar em dois pontos temporais: (1) o iniciador negocia com o parceiro interessado sobre a proposta inicial (usando os valores mais baixos, baseado nas ofertas de todos os parceiros interessados) e (2) o iniciador negocia com o parceiro interessado sobre os valores do atributo seleccionado depois da ordenação. Por exemplo, os parceiros potenciais, mais bem classificados, podem não cumprir com as restrições do custo do grupo. Assim, o iniciador pode negociar com os parceiros potenciais mais bem classificados a reduzirem os seus custos.

2.3.2 Dissolução

Concluída a fase de formação da parceria, inicia-se então a operacionalização da Empresa Virtual (EV). Esta fase inclui, normalmente, as actividades de desenho, marketing, gestão financeira, fabrico e distribuição. Tarefas relacionadas com estas actividades são, nomeadamente, gestão da informação e de materiais, definição e consequente controlo das regras de negócio, controlo dos sistemas, etc. (Faisst, 1997; Katzy e Löh, 2003; Strader *et al.*, 1998).

Ainda na fase de operação, e por forma a obter a informação necessária para a tarefa de moderação, o *broker* pode beneficiar de um sistema de software para monitorização dos parceiros, o qual deverá incluir características como, por exemplo, de alertas a quaisquer desvios dos planos, rastreabilidade dos erros, etc. Sistemas de gestão do fluxo de trabalho poderão também ser úteis para o controlo e monitorização dos processos de negócio das empresas. Para se conseguirem realizar ajustes significativos, decorrentes de alterações significativas nos requisitos de operação da Empresa Virtual, é também importante o desenvolvimento de ferramentas de apoio a estruturas organizacionais altamente adaptáveis (por exemplo, sistemas de aprendizagem do fluxo de trabalho) (Faisst, 1997; Katzy e Löh, 2003).

Uma Empresa Virtual (EV) foca-se num objectivo específico, numa oportunidade de mercado concreta, pelo que quando esta termina, a EV deixa de existir, dissolve-se. Isto significa terminar o processo de operação, o que implica:

- Dividir bens e materiais entre os parceiros;
- Avaliar o conhecimento e experiência adquiridos pelos vários parceiros, de forma a virem a ser reflectidos em EVs futuras.

A dissolução de uma EV pode requerer o arquivo e distribuição da informação relacionada com a missão, onde aqui o *broker* pode também dar um contributo significativo. Por exemplo, no caso de serviços pós-venda, o conjunto de FAQs (*Frequently Asked Questions*), e o *helpdesk* poderão permitir ao *broker* (ou a outros agentes responsáveis) executar a tarefa de representação residual (Faisst, 1997; Saabeel *et al.*, 2002; Strader *et al.*, 1998). O relacionamento entre os parceiros da EV, agora dissolvida, é possível que se torne mais estreito, aumentando a sua coesão, e portanto, vantagem competitiva numa futura EV, no caso de uma nova oportunidade de negócio surgir.

Este trabalho preocupa-se principalmente em estudar as fases de formação e dissolução, onde são cruciais os aspectos de gestão da informação e do conhecimento. O processo de formação de uma Empresa Virtual, no contexto de um *Virtual Breeding Environment* (VBE) (ver secção 2.4), começa quando uma oportunidade de negócio é identificada. Como referido anteriormente, o *broker* ou agentes responsáveis desempenham uma função importante em todo este processo, que começa

com a criação de um modelo de cadeia de fornecimento dinâmico (virtual), isto é, identificação de todos os recursos necessários para conjugar a oportunidade de mercado com uma corporação virtual mais competitiva. Quando o projecto termina, o *broker* ou os agentes responsáveis são também envolvidos no processo de dissolução, monitorizando e controlando os parceiros de forma a assegurar a sua separação de uma maneira justa. Eles estão também interessados no armazenamento do conhecimento adquirido e gerado, e nos direitos de propriedade do conhecimento criado (Franke, 2000).

2.4 Virtual Breeding Environments

Em resposta à rápida mudança das condições de mercado, os processos de negócio tendem cada vez mais a estar apoiados em relacionamentos colaborativos altamente dinâmicos e de curta duração, especialmente dentro de contextos limitados, como é o caso das Pequenas e Médias Empresas (PME). No entanto, a formação de qualquer coligação colaborativa depende da partilha entre os seus membros de objectivos comuns (ou compatíveis), de possuírem algum nível de confiança mútua, de terem estabelecido infra-estruturas comuns (interoperáveis), e terem estabelecido acordo sobre algumas práticas e valores (negócio) comuns (Afsarmanesh e Camarinha-Matos, 2005).

A questão é se tais redes de organizações (redes colaborativas dinâmicas) deverão ser estabelecimentos temporários ou de longo curso? Algumas experiências interessantes combinam ambos os tipos de organizações: um conjunto de organizações estabelecendo uma parceria de longa duração estável e que estão preparadas para a cooperação e formação de coligações de curta duração, envolvendo diferentes sub-conjuntos dessas organizações, que são dinamicamente montados por forma a responder a oportunidades de negócio são, segundo os investigadores Hamideh Afsarmanesh e Luis Camarinha-Matos, manifestações de *Breeding Environment* para organizações virtuais dinâmicas.

Como já descrito anteriormente, os relacionamentos sociais em Redes Inter-Organizacionais, como é o caso particular das redes de PME, têm maior probabilidade de serem formados quando os actores podem assentar em redes sociais densas e espacialmente restritas. Isto também caracteriza os chamados *Virtual Breeding Environments* (VBE) (Bacquet *et al.*, 2004; Camarinha-Matos, 2003). É portanto muito importante que as organizações reconheçam um ambiente organizacional de confiança, onde a formação e dissolução de uma Rede de Empresas (ou em particular uma Empresa Virtual) possam ser ágeis, superando longas negociações e definições contratuais. Para suportar a formação e dissolução de Empresas Virtuais, dentro de *Virtual Breeding Environments*, é

necessário um nível de “conhecimento” que vise a criação de dinâmicas baseadas em comunidade, em contrapartida às dinâmicas baseadas em negociação e transacção (embora o último deva estar sempre presente, deve ser simplificado). As tendências descritas podem ser resumidas nesta frase de Camarinha-Matos (2003): “*Nos próximos dez anos, em resposta à rápida mudança das condições de mercado, muitas empresas e especialmente as PME, farão parte de algumas redes colaborativas sustentáveis que actuarão como “breeding environments” para a formação de organizações virtuais dinâmicas.*”

Podemos então concluir que a formação de Empresas Virtuais dinâmicas requer um ambiente adequado de *breeding*, de forma a garantir (Camarinha-Matos, 2003; Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2003; Castells, 1996; Ebers, 2002; Saabeel *et al.*, 2002):

- A construção de confiança (adquirir confiança é um processo de longo curso);
- Infra-estruturas comuns e acordo sobre as práticas de negócio;
- Sentido de comunidade e alguma estabilidade.

Com base nas características de *Breeding Environment* identificadas, apresentamos a seguir dois exemplos que parecem caracterizá-los bem. Por exemplo, Saabeel *et al.* (2002) apresentaram o que designaram de modelo integrado, e que consiste num modelo de 3 camadas, em que cada camada representa elementos da estrutura e as transições entre as camadas representam os elementos do processo. As camadas são: Universo de Módulos, Web Virtual Dinâmica (Goldman *et al.*, 1995) e Organização Virtual Dinâmica (Katzy, 1998; Strader *et al.*, 1998). Goldman *et al.* (1995) introduziram o conceito Web Virtual, que definiram como um conjunto de parceiros pré-qualificados que concordam em formar um conjunto de potenciais membros das Empresas Virtuais. Esses potenciais membros são seleccionados de um Universo de Módulos, que é o conjunto de todas as organizações. Enquanto na Organização Virtual Dinâmica, o objectivo é explorar uma oportunidade de mercado específica, o propósito da Web Virtual Dinâmica é uma disposição para trabalhar numa oportunidade de mercado futura. A seguir faz-se uma caracterização mais detalhada deste modelo e das suas componentes (ver Figura 2.3):

Universo de Módulos - É onde o processo de formação da Organização Virtual Dinâmica começa. Para cobrir com dificuldades de complexidade, inter-dependência e incerteza, os actores podem organizar-se em redes dinâmicas. Cada um dos actores pode tomar a iniciativa de começar o processo de formação de uma rede dinâmica, por abordagem aos outros actores. Os actores podem conhecer-se de uma cooperação anterior, ou podem abordar-se baseados na expectativa que juntos terão competências e recursos para criar valor adicionado para um cliente ou grupo de clientes específico.

Web Virtual Dinâmica - Os actores que enveredam por participar nesta rede, passam a ser designados membros e estabelecem acordos acerca do processo de cooperação: propósito (quando e como querem cooperar se surgirem oportunidades de mercado), requisitos, barreiras, etc. Estrutura (elementos e relacionamentos) e processo (processo de selecção de novos membros e selecção de membros para formar a Organização Virtual Dinâmica) são importantes na descrição das características da rede. Enquanto no Universo de Módulos, os actores são apenas relacionados pelas inter-dependências, na rede de relacionamentos podem ser caracterizados pelos elementos de estrutura sugeridos por Shao *et al.* (1998): propósito, conectividade, limite e tecnologia de informação. O acordo definindo o propósito da Web Virtual Dinâmica também define os limites da rede, quem é parte desta e quem não é, procedimentos, níveis de qualidade, troca de conhecimento, e uso de tecnologias de informação, etc. A característica mais importante da rede dinâmica é o mecanismo de pré-selecção, que reduz a complexidade e incerteza na selecção dos parceiros de negócio do Universo de Módulos, permitindo assim formar rapidamente a Organização Virtual Dinâmica desejada, se a oportunidade de mercado o requerer. Para o processo de selecção pode ver-se os trabalhos de Petersen e Divitini (2002), Petersen e Gruninger (2000) ou Petersen *et al.* (2002), já sucintamente referidos neste trabalho.

Organização Virtual Dinâmica - Consiste na cooperação entre um sub-conjunto de organizações da Web Virtual Dinâmica (parceiros). A cooperação é focada na realização de um objectivo específico, numa oportunidade de mercado concreta. Quando a oportunidade de mercado é explorada ou deixa de existir, a Organização Virtual Dinâmica é terminada. Isto significa terminar o seu processo de operação. Por um lado, os bens e materiais são divididos entre os parceiros, por outro lado, todo o conhecimento e experiência é espalhado entre as várias organizações, que agora retornam à *Web Virtual Dinâmica*. A experiência e conhecimento ganho podem ser usados para actualização do critério de atribuição e na avaliação das várias organizações, e pode ser reflectido na forma como os membros esperam trabalhar juntos no futuro, assim como na própria operação de Organizações Virtuais Dinâmicas futuras. O relacionamento entre os actores da *Web Virtual Dinâmica* torna-se assim mais estreito, aumentando a sua coesão e portanto a vantagem competitiva de uma nova Organização Virtual Dinâmica, no caso de uma nova oportunidade de mercado surgir.

2.4 VIRTUAL BREEDING ENVIRONMENTS

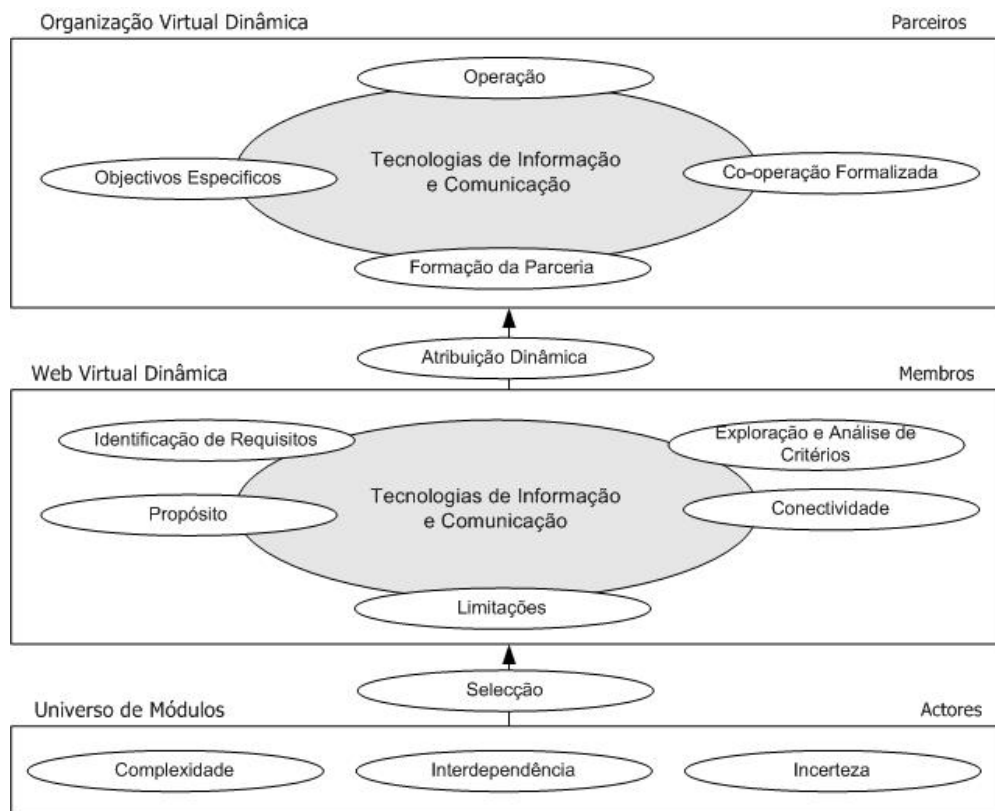


Figura 2.3 - Modelo integrado de Organização Virtual (Saabeel *et al.*, 2002).

Outro exemplo que retrata bem o ambiente de *Breeding Environment*, como a base para Redes de Empresas dinâmicas e sustentáveis, é apresentado em Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2004) e Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2003). Este modelo distingue três módulos: Organizações Virtuais *Breeding Environment*, Organizações Virtuais Dinâmicas e Comunidades Virtuais Profissionais. À semelhança do exemplo anterior, faz-se a seguir uma caracterização mais detalhada deste modelo e das suas componentes (ver Figura 2.4):

Organizações Virtuais *Breeding Environments* - Representam uma associação ou conjunto (*pool*) de organizações e as suas instituições de suporte relacionadas, que detêm o potencial e o interesse de cooperar umas com as outras através do estabelecimento de uma base de acordo de cooperação de longa duração. Quando um dos membros (actuando como *broker*) identifica uma oportunidade de negócio, um subconjunto dessas organizações pode ser seleccionado para formar a organização virtual.

Organizações Virtuais Dinâmicas - Refere-se a uma organização virtual que é estabelecida num curto período de tempo para responder a uma oportunidade de mercado competitiva, e que tem um ciclo de vida curto, dissolvendo-se quando o propósito de curta-duração é cumprido. Dentro de um contexto de *Breeding Environment*, a organização virtual é

rapidamente montada numa entidade de negócio, impulsionando e suportando a cooperação actual das empresas e indivíduos, para responder a uma oportunidade de negócio específica.

Comunidades Virtuais Profissionais - Representam a combinação dos conceitos de comunidade virtual e comunidade profissional. Comunidades virtuais são definidas como sistemas sociais de redes de indivíduos, os quais usam tecnologias computacionais para mediar os seus relacionamentos. As comunidades profissionais proporcionam ambientes para os profissionais partilharem o corpo de conhecimento nas suas profissões, tais como, culturas de trabalho similares, percepções de problemas, técnicas de resolução de problemas, valores profissionais, e comportamento profissional.

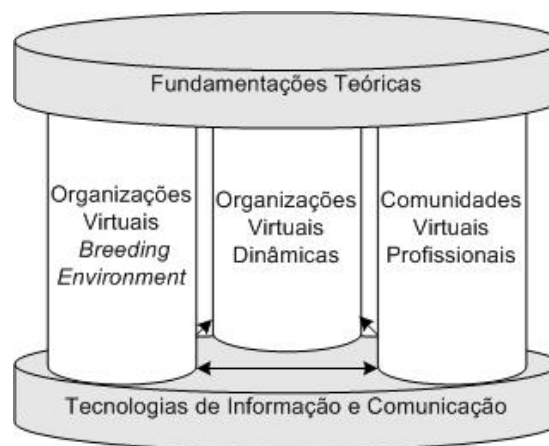


Figura 2.4 - Abordagem holística de Organização Virtual (Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2004).

Tendo em conta que, para cada fase do ciclo de vida de uma Organização/Empresa Virtual, as necessidades em termos de suporte tecnológico e de gestão divergem, apresentam-se seguidamente na Tabela 2.2, sustentado no trabalho de Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2003), os principais requisitos, em termos de serviços, para suportar num ambiente de *Breeding Environment* as fases classificadas anteriormente como: formação, operação e dissolução.

Fases	Serviços necessários a <i>Breeding Environment</i> (BE)
Formação	Gestão do BE (definição, comportamento, parceria, regras, direitos, responsabilidades, infra-estrutura de interoperabilidade comum).
	Quadro conceptual de criação da organização virtual (escolha automática ou semi-automática ou pesquisa assistida pelo gestor do BE).
	Notariação electrónica, serviços de certificação, história de desempenhos anteriores.
	Gestão dos contratos e acordos de cooperação.
	Negociação electrónica (parcialmente automatizada).
	Migração das metodologias existentes, para tornar as organizações existentes prontas para organizações virtuais (mapeamento dos seus sistemas legados para uma interoperabilidade comum do BE de organização virtual).
Operação	Coordenação (gestão de actividades altamente distribuídas - com intervenção humana).
	Gestão do risco, ferramentas de avaliação, medição de desempenho.
	Desenvolvimento de serviços de valor acrescentado.
	Avaliação dinâmica dos rendimentos, direitos e responsabilidades.
	Gestão dos contratos electrónicos.
	Simulação do comportamento de redes colaborativas.
Dissolução	Novas interfaces que cubram todas as barreiras culturais.
	Quadros conceptuais organizacionais e legais para a terminação do processo de cooperação.
	Mecanismos para tratamento dos direitos de propriedade e responsabilidades de pós-cooperação.
	Mecanismos de rastreabilidade.

Tabela 2.2 - Serviços necessários a *Breeding Environment*.

Ainda, o modelo desenvolvido por Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2003, 2004), e apresentado anteriormente, pressupõe como suporte tecnológico o desenvolvimento das seguintes ferramentas:

- Ferramenta que suporte a fase de criação rápida da Organização Virtual Dinâmica com base na confiança, competência, processo de negócio, informação de desempenhos anteriores;
- Ferramenta para medição do desempenho e da colaboração na Organização Virtual Dinâmica, que permita registar o desempenho das colaborações anteriores de cada

membro, de forma a ser capaz de seleccionar sempre a organização mais adequada ao crescimento da Organização Virtual Dinâmica;

- Ferramenta para assistir a construção dos contratos de negociação, que permita rapidamente definir os direitos e deveres das organizações que estão a enveredar por se juntarem em Organizações Virtuais Dinâmicas.
- Ferramenta para gestão electrónica dos serviços da Organização Virtual Dinâmica, que permita efectivamente gerir a operação da mesma através de serviços electrónicos na modalidade ASP (*Application Service Provider*) com um impacto muito baixo na estrutura das tecnologias de informação e comunicação de cada organização.
- Ferramenta para apoio à resolução de problemas colaborativos nos serviços electrónicos, que permita melhorar a rentabilidade e a qualidade dos membros dos *Breeding Environments*, permitindo começar o processo de resolução de problemas endereçando problemas diários e ineficiências experimentados.
- Ferramenta para apoio à colaboração nas Comunidades Virtuais Profissionais, que proporcione o suporte necessário de forma a permitir a cooperação de profissionais humanos, trazendo para a área do negócio as suas competências pessoais e específicas.

Em suma, o ponto principal que distingue o conceito de Organização Virtual no contexto de um *Breeding Environment*, do conceito de Organização Virtual desligado deste contexto, é o facto de no primeiro caso, a Organização Virtual ser formada por organizações com um elevado grau de conhecimento e confiança mútua.

2.5 Comunidades Virtuais

Existem muitas definições de Comunidade Virtual. Por exemplo, Amy Jo Kim no seu livro “Community Building on the Web” (Kim, 2000) define comunidade como “*um grupo de pessoas que partilham interesses e objectivos comuns e que têm a capacidade de obter conhecimento uns dos outros ao longo do tempo*”. Outros autores salientam que uma comunidade não pode ser vista apenas como um grupo de pessoas que interagem nalgum local (mesmo que este seja virtual), mas que existem relações entre os seus actores e que esses relacionamentos são acerca de algo; isto é, têm significado. Assim, focamo-nos na noção de comunidades como entidades sociais compreendidas de actores que partilham algo em comum: este elemento comum pode ser geografia, necessidades, interesses, práticas, organizações, ou outra base para a ligação social. As comunidades são consideradas serem a unidade básica da experiência social.

Conhecimento é também um elemento comum partilhado dentro de uma comunidade. Quando a perspectiva está centrada no conhecimento, as comunidades podem ser definidas como grupos onde o conhecimento e as melhores práticas num dado campo são desenvolvidas, implementadas e transmitidas através da interacção social dos seus actores (Cornejo, 2003). Noutras palavras, onde o conhecimento tácito dos actores é partilhado com outros actores e onde este *know-how* é ocasionalmente codificado e tornado explícito. Mantendo em consideração a perspectiva do conhecimento, uma comunidade deverá ter mecanismos para suportar um elevado nível de personalização da informação e do utilizador, isto é, (1) suportar mais eficientemente a actividade corrente do trabalhador do conhecimento por conhecimento do seu foco actual, do seu objectivo e da sua função na organização; (2) seleccionar e distribuir o conhecimento numa forma que maximize o seu impacto; (3) explorar a motivação individual e social do utilizador (as pessoas são orientadas por objectivos pessoais e acreditam ter uma influência forte no seu cumprimento e portanto na qualidade do seu trabalho) (Nabeth *et al.*, 2002). Dentro deste âmbito, e baseado principalmente no trabalho de Cornejo (2003) e de Porter (2004), mas inspirado também noutras influências nesta área, como seja Mueller-Prothmann e Siedentopf (2003), Blanchard (2004) ou Burnett e Buerkle (2004), abordamos em seguida os principais tipos de comunidades. A primeira classificação de comunidade pode ser baseada no tipo de utilidade percebida pelos seus actores e no tipo de relacionamento estabelecido, quer do ponto de vista dos indivíduos, quer do ponto de vista das organizações.

Os indivíduos podem derivar dois tipos de utilidade da sua participação numa comunidade, definida pelos seus efeitos no comportamento observado dos indivíduos (Cornejo, 2003):

Utilidade Objectiva – quando o conhecimento recebido pode ser directamente aplicado para melhoria na execução do trabalho pelos indivíduos ou mesmo da situação económica destes.

Utilidade Subjectiva – quando o conhecimento não pode ser directamente relacionado com a melhoria da situação económica ou das capacidades de trabalho, isto é, compreende conhecimento que pode indicar a curiosidade de um indivíduo, ou sustenta a necessidade dos indivíduos por sentido de pertença ou apreço.

Comportamentos diferentes nas organizações são também substancialmente determinados por dois tipos de utilidade (Cornejo, 2003):

Utilidade Directa - quando a organização pode perceber e medir, e estabelecer relacionamento directo com as melhorias nos processos e operações. Derivará normalmente de conhecimento adquirido pelos membros da organização.

Utilidade Indirecta - quando a organização sabe que está a beneficiar de conhecimento adquirido, mas não pode identificar o mecanismo com clareza, e não pode portanto encontrar uma forma segura de medi-lo e avaliá-lo.

O comportamento das pessoas é orientado pela maximização da sua própria utilidade percebida. As pessoas agem, ou não agem, de forma a resultar na maior utilidade possível. Ligando utilidade a conhecimento, o conhecimento é definido como “*a informação requerida para satisfazer uma necessidade*”. Os dados e o contexto requerido para uma pessoa executar uma tarefa: conhecimento é tal que permite a uma pessoa executar algo. Mesmo quando este algo é simplesmente satisfazer uma curiosidade pessoal, está a resolver uma necessidade e a efectuar uma mudança. Se não traz vantagem evidente para ninguém, mas a pessoa pode compreendê-lo, será simplesmente chamado “informação”. Se a pessoa não pode fazer sentido a partir dele, será considerado meramente “dado”. Quando o conhecimento é tal, permite à pessoa satisfazer uma necessidade. Esta satisfação pode também ser chamada “utilidade” (capacidade de satisfazer uma necessidade para uma pessoa). Esta é a ligação entre conhecimento e utilidade.

Baseado nesta classificação de utilidade, Cornejo (2003) construiu um modelo preditivo básico que nos permite melhor compreender as dinâmicas dos diferentes tipos de comunidades, com particular relevância para aquelas que podem gerar algum tipo de utilidade para alguém (ver Figura 2.5). Este modelo assenta na predição dos comportamentos dos indivíduos. Tal como os mercados funcionam por agregação, as dinâmicas das comunidades dependerão, nas agregações, das motivações dos seus actores. Utilidade, no modelo, é representada pelo grau no qual pertence a um ou outro tipo. Para este modelo, Cornejo (2003) identificou os seguintes tipos de comunidades virtuais (de conhecimento):

Comunidades de Prática – Aquelas na qual os indivíduos retiram do conhecimento adquirido algum tipo de utilidade, devido à melhoria da sua situação produtiva e económica. Estas comunidades proporcionam ao indivíduo uma utilidade objectiva, não necessitando este de pertencer a qualquer organização particular para resultar em benefícios para si. Quando a organização for capaz de identificar um relacionamento directo entre este conhecimento e as melhorias nos seus processos e resultados, estaremos a falar de utilidade directa. Quando a organização está ciente de que algum modo de conhecimento reverte em melhorias não quantificáveis para a sua situação, estaremos a falar de utilidade indirecta.

Comunidades de Interesse – Aquelas na qual a utilidade deriva da satisfação de outras necessidades, tais como, curiosidade, debate, pertença ou reconhecimento. No modelo é descrita como utilidade subjectiva para o indivíduo. Para a organização, aparece a mesma

divisão: pode gerar, quer utilidade directa, quer indirecta, dependendo de ser ou não objectivamente mensurável.

Comunidades de Projecto – Aquelas caracterizadas por um tipo de ambiente de troca de conhecimento tradicionalmente difícil de estabelecer. Exemplos típicos incluem, grupos de desenvolvimento do produto, grupos de implementação de projectos, grupos de pré-vendas ao cliente, etc. São aquelas na qual os indivíduos derivam uma utilidade extremamente objectiva, directamente relacionada com os seus trabalhos e a sua subsistência económica. Por um lado, as organizações extraem directamente uma clara utilidade do seu trabalho, que é tanto maior quanto mais o projecto estiver relacionado com a eficácia dos seus processos e a capacidade de atingir os seus objectivos. Ambas as partes do acordo vêem este tipo de comunidades com a máxima seriedade e querem o mais elevado controlo delas.

Comunidades Amorfas – A realidade mostra muitos exemplos de ambientes na qual o conhecimento é de algum modo trocado, mas as supostas virtudes das comunidades são difíceis de encontrar. Quando os indivíduos derivam delas puramente utilidade subjectiva, sem conversão em valor objectivo (sem custos e sem benefícios), e as organizações envolvidas retiram uma utilidade totalmente indirecta, tal como a normalmente derivada de ferramentas de marketing ou promocionais, estamos perante comunidades amorfas.

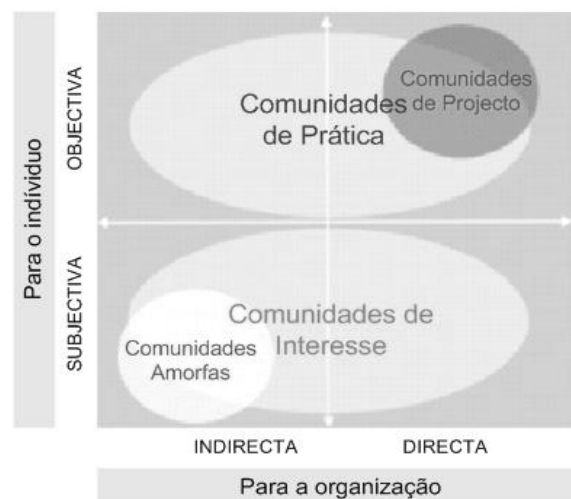


Figura 2.5 - Quadrante das Comunidades (Cornejo, 2003).

Resumidamente, podemos dizer que os benefícios de uma comunidade (de conhecimento) virtual para uma organização ou para um grupo de organizações depende da utilidade que os indivíduos e as organizações podem obter da mesma. Isto é muito influenciado pelas percepções individuais e colectivas de um conjunto de questões:

- Organização – a forma na qual as actividades relacionadas com a comunidade serão geridas.
- Integração – o papel da comunidade na organização.
- Recursos – alocação dos meios relevantes para a comunidade.
- Propriedade intelectual – tratamento dos bens de conhecimento usados pela, e gerados através da, comunidade.
- Suporte de Tecnologia de Informação (TI) requerido – integração na infra-estrutura de TI da organização e o impacto na sua estratégia e desenho.
- Valor – identificação dos objectivos de valor para a qual a comunidade deve ser avaliada.
- Custo de formação – este valor pode ser medido em dinheiro, e portanto carregado para os recipientes de valor (são consumidores, parceiros, departamentos internos ou outras iniciativas).

Baseado na tipologia das Comunidade Virtuais proposta por Constance Porter (2004), as comunidades (de conhecimento) virtuais podem ser classificadas de acordo com o tipo de relacionamento estabelecido, quer do ponto de vista dos indivíduos, quer do ponto de vista das organizações. Assim, no caso de uma comunidade estabelecida por indivíduos independentes, a orientação do relacionamento pode ser social ou profissional. Por outro lado, no caso de comunidades estabelecidas (ou patrocinadas) por organizações, a orientação do relacionamento depende do tipo de organização, a qual pode ser comercial, sem fins lucrativos ou governamental (ver Figura 2.6).

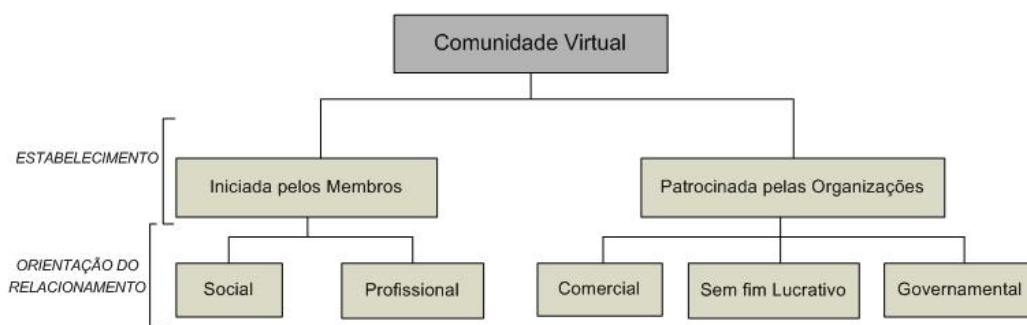


Figura 2.6 - Tipologia das Comunidades Virtuais (Porter, 2004).

Os atributos chave (conhecidos como 5P's) que permitirão caracterizar uma comunidade (de conhecimento) virtual são sumariados por Porter (2004) como:

- Propósito (Conteúdo de Interação) - descreve o foco específico do discurso, ou o conteúdo focal da comunicação, entre os membros da comunidade.

- “Place” (Extensão da Mediação Tecnológica da Interação) - define a localização da interação entre os membros da comunidade, em que a interação ocorre num espaço virtual e algumas vezes pode ocorrer fisicamente numa base corrente ou intermitente.
- Plataforma (Desenho da Interação) - refere-se ao desenho técnico da interação, em que os desenhos permitem comunicações síncronas, comunicações assíncronas ou ambas.
- População (Padrão da Interação) - refere-se ao padrão de interação entre os membros da comunidade, tal como descrito pela estrutura de grupo ou tipo de ligações sociais (por exemplo, forte, fracas, conflituosas).
- “Profit Model” (Retorno na Interação) - refere-se a se uma comunidade cria valor económico tangível, em que o valor é definido como geração-retorno.

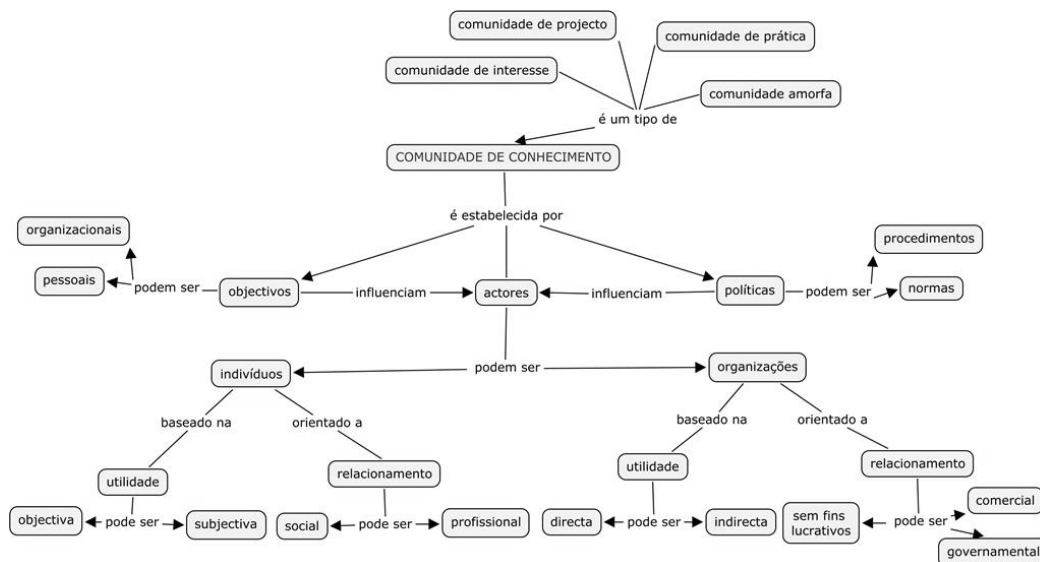


Figura 2.7 - Definição de Comunidade de Conhecimento.

Concluindo, e partindo do conceito de comunidade virtual em direcção ao conceito de comunidade virtual de conhecimento, que é mais adequado ao âmbito do trabalho apresentado nesta tese, caracterizamos este último como (Vries *et al.*, 2004) (ver Figura 2.7):

- O objectivo é desenvolver e explorar conhecimento acerca de alguma área específica ou interesse.
- Existem contínuas interações entre os participantes de forma a cumprir esses objectivos.
- Os processos de informação e conhecimento são continuamente tornados explícitos.
- Adiciona valor (utilidade) aos participantes (indivíduos ou organizações).
- O local de encontro é fácil de utilizar.

- A cultura foca-se nas necessidades dos participantes como o caminho para um elevado desempenho; envolvimento e participação criam um sentido de responsabilidade e propriedade e, daqui, maior compromisso para a comunidade.
- Tenta continuamente cumprir com as expectativas dos seus participantes e com o seu contexto de utilização.

2.6 Redes Colaborativas

Como já ficou explícito nas secções anteriores deste capítulo, Comunidades Virtuais (CV), *Breeding Environments* (BE), Redes Inter-Organizacionais (RIO) ou Redes de Empresas (RE) e Empresa Virtuais (VE) são conceitos inter-relacionados. No entanto, embora seja assumido que estão relacionados, existe alguma falta de clareza na sua utilização científica e profissional. Nesta secção pretende-se portanto contribuir para uma maior clarificação da diferenciação entre os conceitos de comunidade e rede, ao mesmo tempo que se confirma a sua interligação. Além disso, tenta dar-se um contributo na explicação de como emergem as comunidades de redes e quais são as questões principais para a sua gestão.

Primeiro, importa salientar que os conceitos de “rede” e “comunidade” inserem-se no contexto mais geral de redes colaborativas, isto é, conjunto de organizações ou indivíduos independentes que interactivam usando intensivamente processos colaborativos (processos que visam atingir resultados colectivos através da execução conjunta de tarefas) suportadas por TI (tecnologias colaborativas). Dado que as comunidades agregam indivíduos ou parceiros de negócio (organizações), as redes de relacionamentos inter-organizacionais que são mediadas por tecnologia de informação, podem ser conceptualizadas como comunidades (virtuais) (Porter, 2004). Também, Wellman (2001) definindo comunidade como “*redes de ligações inter-pessoais que proporcionam sociabilidade, suporte, informação, sentido de pertença e identidade social*”, realçou que embora nem toda a rede seja uma comunidade, qualquer comunidade inter-pessoal é uma rede. Isto reforça a ideia que embora muitas vezes as pessoas pensem o mundo em termos de grupos, eles trabalham em rede. Nas sociedades em rede as barreiras são permeáveis; as interacções são com muitos outros, as ligações estabelecem-se e desfazem-se como múltiplas redes, e por aí adiante.

Uma opinião argumentável é a de Stephen Downes¹: ele diz que “*a comunidade é a rede*”. E clarifica que a comunidade é definida através das relações entre os actores, em que estas têm valor semântico, sendo o valor semântico definido pelas relações. Refere ainda que a rede consiste de um conjunto de relações auto-seleccionadas, usando uma variedade de informação contextual

¹ <http://www.downes.ca/me/index.htm>

(metadados) para estabelecer significado, e onde este significado não define apenas a comunidade, mas emerge da comunidade. Concordamos com a opinião deste autor de que não existe um lugar centralizado que constitui a comunidade, existem apenas pessoas e recursos, que são distribuídos, que agem todos para seu próprio interesse. O que é central aqui é que existe, de alguma maneira, um relacionamento entre as pessoas e não mera proximidade. Além do mais, um aspecto importante parecem ser as semânticas, a ideia que estas relações são acerca de qualquer coisa, que as pessoas na comunidade partilham um interesse comum, valores comuns, um conjunto de crenças, etc. Assim, uma comunidade pode ser vista como uma rede de relações semânticas, em que as relações entre os actores da comunidade são baseadas no significado desses membros ou das entidades na rede.

Para culminar esta resenha sobre Redes Inter-Organizacionais, *Virtual Breeding Environments* e Empresas Virtuais apresentamos a conceptualização elaborada no projecto RCED (Redes Colaborativas de Elevado Desempenho¹). O projecto RCED (RCED, 2007a, 2007b), cujo principal objectivo foi a identificação de condições favoráveis para o desenvolvimento de redes colaborativas de PME no norte de Portugal, desenvolveu um quadro conceptual para análise de redes colaborativas de PME, que a seguir sintetizamos. Neste quadro, os autores começam por propor com base na literatura, as definições dos termos cooperação e colaboração, fundamentais para se caracterizar o conceito de rede colaborativa:

Cooperação (num contexto de redes inter-organizacionais): refere-se à prática das organizações articularem estratégias e actividades para atingirem objectivos acordados entre si, e assim obterem benefícios mútuos. Para que as organizações cooperem deverá haver confiança mútua, alguma forma de divisão do trabalho e eventualmente a adopção de métodos comuns; se não há cooperação, então as organizações trabalham isoladamente (em competição ou não).

Colaboração (num contexto de redes inter-organizacionais): é o processo de duas ou mais organizações conseguirem resultados colectivos através da realização de tarefas em conjunto; estes resultados seriam muito difíceis (ou mesmo impossíveis) de serem obtidos individualmente. É uma actuação conjunta e coordenada de indivíduos, apoiados por comunicação num contexto de cooperação. Num processo de colaboração, actores

¹ O projecto RCED (Redes Colaborativas de Elevado Desempenho) pretendeu estudar e definir as condições necessárias e os instrumentos para a criação e gestão de redes colaborativas de PME no Norte de Portugal. Os objectivos do projecto foram: (i) identificar e seleccionar as melhores práticas em redes a nível internacional em termos de redes colaborativas, (ii) identificar e caracterizar as estruturas de colaboração inter-organizacionais (formais e informais) existentes actualmente no norte de Portugal, (iii) propor e especificar melhorias ao nível das condições e estruturas de colaboração, (iv) especificar os requisitos para plataformas sócio-tecnológicas que suportem estas redes. Os resultados do projecto podem ser consultados em <http://www.redescolaborativas.org>.

autónomos interagem através de negociações formais e informais, criando conjuntamente regras e estruturas que governam as suas relações e a forma como actuam ou decidem sobre os aspectos que os mantêm juntos; é um processo que envolve partilha de normas e interacções mutuamente benéficas (Thomson e Perry, 2006).

Um dos componentes deste quadro é uma conceptualização de redes (ver Figura 2.8), onde se distingue redes de organizações de redes colaborativas, e incluindo também o conceito de comunidade virtual. Esta conceptualização tem como fundamento uma revisão da literatura abrangente, tendo como principal contributo integrar as visões de duas comunidades científicas que têm as redes como objecto de estudo: uma comunidade essencialmente na área de gestão que se dedica a estudar redes de organizações e redes sociais, e uma comunidade essencialmente dentro da engenharia (industrial, informática) que se dedica a estudar redes colaborativas.

Assim, este estudo considera uma Rede Colaborativa como uma rede de relações, entre indivíduos ou grupos de indivíduos, que se baseiam fundamentalmente em processos colaborativos mediados por tecnologias de informação. Considera-se que uma Rede de Organizações é uma rede colaborativa de organizações, se as relações colaborativas são uma parte importante das relações inter-organizacionais existentes entre essas organizações. Em termos mais gerais, o projecto RCED adoptou uma tipologia de redes de organizações que distingue três categorias principais de redes, segundo os objectivos ou motivação da participação na rede (Nassimbeni, 1999): redes de sinergias operacionais, redes de sinergias funcionais/tecnológicas e redes de sinergias estratégicas. Várias sub-categorias de redes são identificadas como as mais relevantes para o estudo que o projecto levou a cabo: rede de fornecimento, rede de produção, organização virtual, rede de compras, rede de distribuição, rede de investigação, desenvolvimento e inovação, ambiente virtual de crescimento e *cluster*. As comunidades virtuais são, nesta conceptualização, consideradas como um tipo de Rede Colaborativa, distinguindo-se comunidade virtual iniciada por indivíduos e comunidade virtual patrocinada por organizações (Porter, 2004).

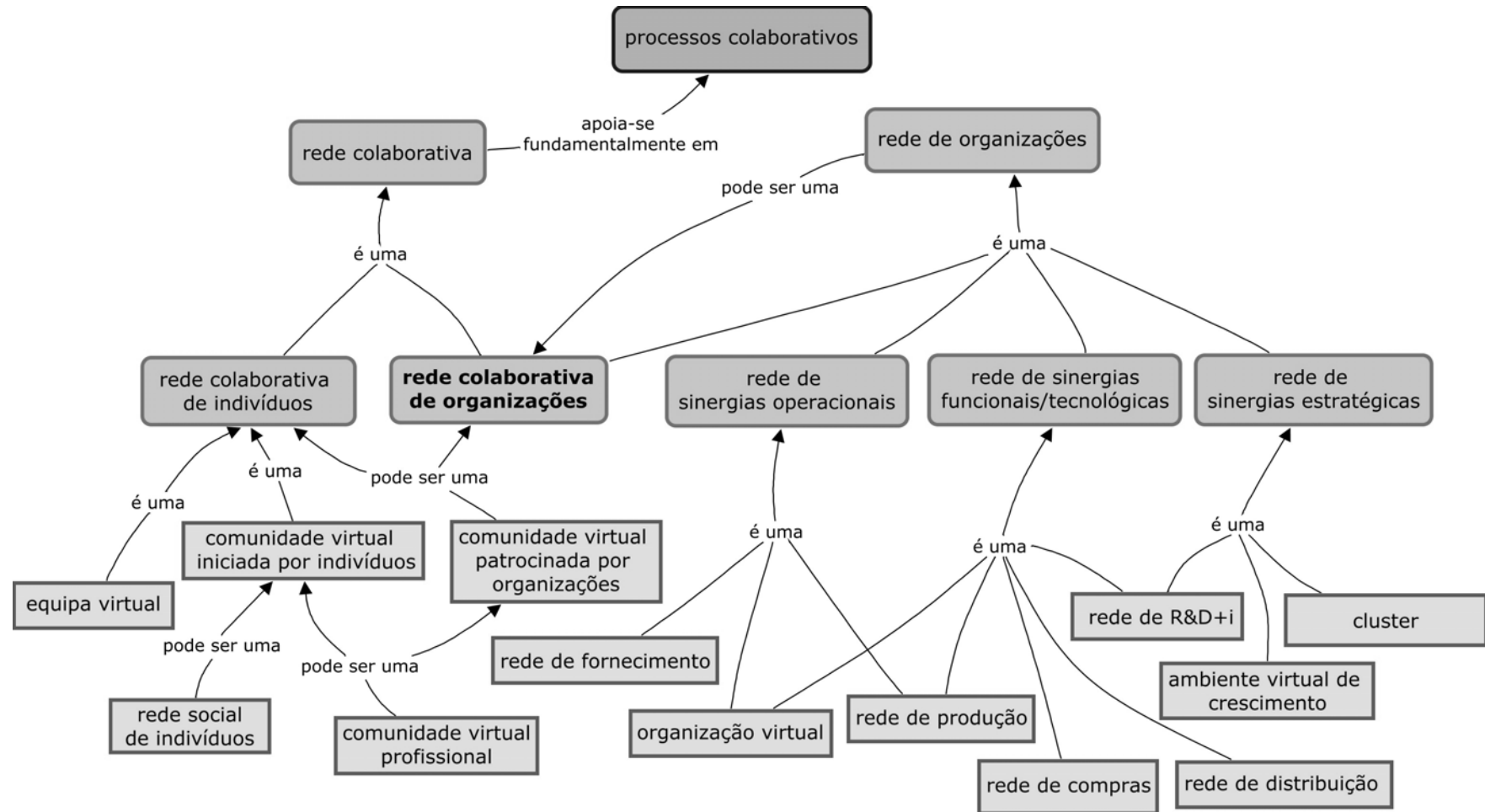


Figura 2.8 - Mapa de conceitos associados a redes de organizações (RCED, 2007b).

Resumindo, temos:

Comunidade Virtual: Conjunto de indivíduos que interagem à volta de interesses comuns, em que a interacção é total ou parcialmente mediada por tecnologias de informação e guiada por protocolos e normas.

Comunidade Virtual de Conhecimento: Comunidade virtual cujo principal objectivo é partilhar informação e conhecimento para atingir determinados objectivos individuais e colectivos.

Comunidade Profissional: Comunidade virtual de conhecimento com objectivos essencialmente de evolução profissional, lidando com culturas de trabalhos similares, percepções dos problemas, técnicas de resolução de problemas, valores profissionais, aspectos legais, comportamento profissional, etc.

Empresa Virtual: Aliança temporária de organizações/empresas (legalmente) independentes que partilham e coordenam recursos (competências, experiência, máquinas, pessoal, etc.) para responderem a determinadas oportunidades de negócio, melhor do que se o fizessem individualmente. Exige uma plataforma adequada de tecnologias de informação para que seja possível funcionar eficiente e eficazmente.

Rede de Empresas: Conjunto de organizações/empresas que estão disponíveis para cooperar e colaborar com o objectivo de criarem sinergias estratégicas ou operacionais.

Virtual Breeding Environment: Conjunto de organizações/empresas independentes que, dentro de um contexto favorável de confiança, relacionamentos sociais, e mediação tecnológica, coordenam (numa forma mais ou menos formal) estratégias ou actividades visando atingir objectivos individuais e colectivos.

Rede Colaborativa: Conjunto de organizações/empresas independentes que interactuam usando intensivamente processos colaborativos (processos que visam atingir resultados colectivos através da execução de tarefas conjuntas) suportados por tecnologia de informação (tecnologias colaborativas).

2.7 Discussão

Numa perspectiva de empresa (virtual), pensando no papel da rede na formação e manutenção de uma comunidade, a última pode ser conceptualizada como um grupo virtual onde os indivíduos e as organizações pertencendo à rede, juntam competências para satisfazer

necessidades específicas das suas actividades. A rede é, numa compreensão mais específica, um *Virtual Breeding Environment* (VBE)¹, isto é, uma rede sustentável que actuará como um *Breeding Environment* para a formação de Empresas Virtuais e Comunidades Virtuais de Conhecimento (CVC). VBE como uma Rede Inter-Organizacional é uma forma organizacional que institucionaliza relacionamentos recorrentes de troca entre um conjunto limitado de actores ou parceiros (os seus membros). Esses actores e parceiros têm um controlo residual sobre os seus recursos. Assim, os membros deste VBE têm vantagem competitiva sobre outras formas que integram verticalmente relacionamentos de troca idênticos, devido à ligação entre a distribuição de resultados, de riscos, e de prémios permitir a redução dos custos de coordenação. Além do mais, o elevado grau e âmbito de partilha de informação, obrigações mútuas, e ligações aos membros para tomada de decisão, permite uma melhor coordenação e controlo inter-organizacional (Ebers, 2002; Simões e Soares, 2004), dado proporcionarem aos seus participantes um ambiente organizacional estável e de confiança mútua. Isto é também uma vantagem para a parceria de áreas empresariais específicas operando numa cultura de confiança pré-determinada (Camarinha-Matos, 2003; Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2003) com um conjunto de regras pré-definidas acerca da detenção, segurança e protecção do conhecimento, tornando mais fácil a formação de parcerias (Camarinha-Matos e Afsarmanesh, 2006; Franke, 2000; Saabeel *et al.*, 2002). Um VBE deverá portanto garantir a construção de confiança, infra-estruturas comuns e acordos acerca de práticas de negócio, e um sentido de estabilidade.

Assim, as organizações (e consequentemente, os indivíduos) pertencendo a um VBE são nodos que encontram condições dinâmicas e bem estabelecidas para formar uma Empresa Virtual (EV) ou uma Comunidade Virtual de Conhecimento (CVC) juntamente com alguns membros do VBE, com o objectivo de resolver um problema ou responder a uma necessidade do mercado. Os membros do VBE que enveredam na formação de uma nova EV ou de uma CVC com um objectivo específico podem, em princípio, fazê-lo de uma forma eficiente e eficaz, dado que a confiança mútua e um suporte tecnológico são uma pré-condição de um VBE. O conhecimento gerado durante a operação, quer das CVCs, quer das EVs, pode ser adequadamente adquirido e guardado pelo VBE, e pode ser usado em EVs futuras.

Um dos benefícios de um VBE é portanto proporcionar as condições para a criação e operação de EVs e CVCs, isto é, estabelecer acordos mútuos entre os seus membros em questões como, normas comuns, processos de negócio, procedimentos, questões legislativas, direitos de

¹Afsarmanesh e Camarinha-Matos (2005) definem “*Virtual Organization Breeding Environment*” como uma associação de organizações e as suas instituições de suporte, aderindo a um acordo de cooperação numa base de longo curso, e adoptando princípios de operação e infra-estruturas comuns, com o objectivo de aumentar as suas hipóteses e preparação com vista à colaboração em potenciais organizações virtuais.

cópia, acordos de cooperação, e tecnologias de informação e comunicação, de forma que essas preparações que consomem tempo possam ser significativamente encurtadas quando chega um pedido de um cliente ou uma Empresa Virtual necessita de ser colocada em partilha (isto é, formada). Um VBE é também um ambiente que potencia a criação e operação de CVCs, cujo conhecimento gerado em torno será contributo essencial na operação de cada EV. Um VBE pode assim ser visto como um portfólio de centros de competência, a partir do qual diferentes EVs e CVCs podem ser estabelecidas para cumprir diferentes necessidades dos seus membros. Em suma, um VBE pode ser percebido como um estabelecimento de cooperação relativamente estável que proporciona condições actuando como catalistas para EVs.

O estudo realizado sobre a temática da redes colaborativas permitiu-nos chegar ao que nos parece ser o modelo representativo da colaboração em redes de PME. Assim, idealizamos a situação na existência de um VBE constituído por PME de uma área particular de negócio. Este VBE potenciará a formação e operação de EVs e CVCs. Essencialmente, e como se pode confirmar pelas definições apresentadas, as EVs distinguem-se substancialmente das CVCs por as últimas não terem objectivo específico de lucro, mas sim serem relacionamentos e colaborações cujo objectivo primordial é a criação e partilha de conhecimento. O conhecimento gerado no âmbito de uma CVC, resultado da interacção entre os seus actores, será usado como uma mais valia para cada EV formada.

Assim, o modelo proposto de Redes Colaborativas de PME integra 3 componentes chave, cuja caracterização detalhada e enquadrada no seu ciclo de vida, se apresenta de seguida:

Empresa Virtual (EV) - Aliança temporária entre sub-conjuntos de empresas da VBE, formada para partilhar experiências ou competências e recursos, por forma a melhor responder a determinada oportunidade de negócio e produzir serviços ou produtos de valor acrescentado, e cuja cooperação é suportada por Sistemas e Tecnologias de Informação. No contexto do VBE, a EV é rapidamente montada numa entidade de negócio, focada num objectivo específico, oportunidade de mercado concreta, em que quando esta deixa de existir, dissolve-se. A dissolução significa terminar o processo de operação, e envolve a divisão de bens e materiais entre os parceiros, o arquivo e distribuição da informação/conhecimento espalhado entre os vários parceiros, a identificação de novas competências dos parceiros que agora voltam à VBE, mas também a qualificação da parceria em termos do relacionamento de cooperação. Após esta re-avaliação, as empresas voltam ao VBE, podendo ser re-classificadas em termos de áreas de interesse.

Virtual Breeding Environment (VBE) - Conjunto de empresas pré-qualificadas que concordam em vir a formar uma EV. As empresas que enveredam por participar em determinado VBE estabelecem acordos de duração indeterminada acerca do processo de cooperação, numa base de confiança e comportamento social correcto. Nesta fase, a selecção dos membros que virão a formar parceria é feita com base na identificação dos requisitos dos clientes, nas restrições temporais dos clientes e fornecedores, nos procedimentos, nos níveis de qualidade exigidos, na conectividade e nas tecnologias necessárias. Cada VBE pode ser classificada em termos do relacionamento entre os vários membros (grau de coesão e confiança) e das competências de cada membro (*know-how*).

Comunidade Virtual de Conhecimento (CVC) - Comunidade constituída por vários indivíduos (actores) pertencentes a empresas (membros) do VBE, que têm interesse em determinada sub-área de conhecimento. Quando um ou mais actores (indivíduos) pertencentes a um ou mais membros (empresas) do VBE identificam uma necessidade, podem tomar a iniciativa de iniciar o processo de formação de uma CVC por abordagem a outros actores, tendo em conta colaborações anteriores ou a expectativa de juntos terem competências para criar valor acrescentado. O conhecimento gerado no âmbito deste tipo de comunidade poderá ter utilidade, quer para os actores, enquanto indivíduos autónomos e profissionais; quer para os membros do VBE, enquanto empresas à qual os indivíduos pertencem e contribuem como o seu conhecimento e experiência.

GESTÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO EM REDES DE EMPRESAS

Neste capítulo, após uma breve introdução à definição de “conhecimento” e à sua relação com os conceitos “dados” e “informação”, abordam-se os vários tipos de conhecimento e a relevância dos vários processos para a sua gestão no ambiente de redes de empresas. É também tratado o aspecto particular da informação e do conhecimento nas fases de formação e dissolução do ciclo de vida de redes de empresas. Finalmente, apresentam-se as arquitecturas de informação actualmente adoptadas no contexto de redes de empresas e uma revisão sobre os sistemas e tecnologias de informação para gestão do conhecimento mais usados.

3.1 Introdução

A palavra “conhecimento” deriva do Grego Antigo “*gignoskein*”, que significava “*decidir como, determinar*”. Este problema tem sido abordado e largamente estudado por psicólogos e sociólogos. Mais recentemente, maior ênfase tem sido dada à questão do “conhecimento organizacional”, isto é, como é que as organizações aprendem e em que grau uma organização pode gerir o seu conhecimento. Neste sentido, para definir conhecimento é importante relacionar-se este conceito com outros dois: dados e informação, como de resto já foi referido na secção 2.5 acerca da definição de comunidade de conhecimento. Segundo Stair e Reynolds (2001), “*a informação pode ser*

3.1 INTRODUÇÃO

considerada dados tornados mais úteis através da aplicação do conhecimento". Nesta ordem, Beynon-Davies (2002) define:

Dados - são factos, isto é, um ou mais símbolos que são usados para representar algo (dado = atributo + valor).

Informação - são dados interpretados, isto é, são dados colocados dentro de um determinado contexto (informação = objecto + atributo + valor).

Conhecimento - deriva da informação, integrando a informação com o conhecimento existente (conhecimento = objecto + relação + objecto).

O conhecimento é importante para as organizações, no sentido em que maior conhecimento conduz a uma maior capacidade para realizar, tornando-se assim um dos maiores bens de uma organização. No entanto, o conhecimento é complexo e usualmente difícil de imitar, o que faz dele também um recurso chave para gerar vantagem competitiva sustentável e a longo prazo. Por outro lado, o problema da perda de pessoal com quantidades significativas de conhecimento ou competências específicas tem levado a uma ênfase acrescida na captura, armazenamento e partilha de conhecimento através de toda a organização, no sentido de minimizar os efeitos de rotatividade de pessoal. Assim, as organizações sentem cada vez mais a necessidade de criar conhecimento, investindo em processos de Aprendizagem Organizacional (AO) (Beynon-Davies, 2002).

Os indivíduos, ao longo do tempo, adquirem conhecimento que melhora o seu desempenho em áreas específicas. Um conceito também útil neste contexto é o de Memória Organizacional, sendo o que uma organização conhece acerca dos seus processos e do seu ambiente. O conhecimento existente numa Memória Organizacional é um recurso crítico para as organizações, na medida em que este permite uma acção efectiva dentro dos mercados económicos.

A maioria dos autores distingue duas formas de conhecimento organizacional em termos de acessibilidade, isto é, conhecimento explícito e conhecimento tácito. Assim, por exemplo, Archer e Wang (2002) definem:

- **Conhecimento tácito** - *know-how* que é sub-conscienciosamente compreendido e aplicado, difícil de articular, desenvolvido da acção e experiência directa, e usualmente partilhado através de conversações altamente interactivas e experiências partilhadas. É parte do centro de conhecimento da organização. Consequentemente, pode ser difícil de transmitir a outras pessoas ou organizações, a menos que tenham uma base e experiência cultural que lhes permita receber o conhecimento. É mais estratégico, porque é mais difícil de transferir e imitar.

- **Conhecimento explícito** - é o conhecimento organizado, documentado e prontamente acessível (ex. manuais de formação, relatórios, artigos, software, patentes, fórmulas, etc.). Pode ser armazenado, recuperado, manipulado e transferido mais facilmente do que o conhecimento tácito, mas consequentemente, é mais difícil de proteger.

No entanto, Liebowitz (1999) distingue ainda outra forma intermédia entre conhecimento tácito e conhecimento explícito, que designa de conhecimento implícito e que define como “*conhecimento tornado acessível através da consulta e discussão, e que portanto necessita de comunicação*”. De salientar que para este autor, conhecimento tácito é apenas aquele conhecimento que resulta da experiência individual e que é partilhado ou trocado através do contacto directo, olhos nos olhos.

Portanto, o conhecimento explícito define a identidade, as competências, e os bens intelectuais de uma organização, independentemente dos seus trabalhadores. Assim, é conhecimento organizacional por excelência, mas que pode crescer e sustentar-se a si próprio apenas através de uma base rica de conhecimento tácito (Borghoff e Pareschi, 1997). Também, Nonaka e Takeuchi (1995) no seu modelo “*the knowledge-creating company*” baseado na interacção organizacional entre conhecimento explícito e tácito, argumentam que muito do conhecimento acumulado na empresa é feito da experiência e não pode ser comunicado através dos trabalhadores, por procedimentos de gestão excessivamente formalizados. Além disso, afirma que o conhecimento gerado fora da empresa também pode ser incorporado nos hábitos tácitos dos trabalhadores, permitindo melhorar os procedimentos normalizados. No sistema económico onde a inovação é um factor crítico, a capacidade da organização para aumentar as fontes de todas as formas de conhecimento, torna-se o fundamento das empresas inovadoras. Isto no entanto requer, além da participação dos trabalhadores, uma estabilidade da força laboral na empresa, porque só assim se torna racional para o indivíduo transferir o seu conhecimento à empresa e partilhá-lo com os colegas de trabalho (Castells, 1996). Alguns autores distinguem também entre “conhecimento declarativo” (*know-what*) e “conhecimento procedimental” (*know-how*).

Atendendo à definição do conceito de Gestão do Conhecimento (GC) como um “*conjunto de processos desenvolvidos numa organização para criar, adquirir, armazenar, manter e disseminar o conhecimento da organização*” (Laudon e Laudon, 2006), podemos considerá-lo como a camada mais próxima do topo dos processos de gestão, em organizações dependendo de uma gestão de informação efectiva. Para reforçar isto, Tochtermann e Maurer (2000) têm realçado que o objectivo principal da Gestão do Conhecimento é aplicar o conhecimento que reside, quer explicitamente, quer implicitamente, dentro de uma organização, para atingir mais eficientemente e efectivamente os objectivos da organização. Tochtermann e Maurer (2000) e Silva e Agustí-Cullel (2003) referem ainda, que desde que a Tecnologia de Informação (TI) seja usada persuasivamente nas organizações e assim se

qualifique como um meio natural para o fluxo do conhecimento, a aplicação de TI à Gestão do Conhecimento ajuda a criar (geração, aquisição), codificar/armazenar (integração, organização e armazenamento), e transferir (partilha e comunicação) o conhecimento. Assim, Beynon-Davies (2002) define os processos chave na Gestão do Conhecimento, como:

Criação - captura (aquisição) do conhecimento dos membros organizacionais e a criação de novo conhecimento organizacional.

Codificação/Armazenamento - representação do conhecimento de forma a facilitar a sua recuperação futura.

Transferência - comunicação e partilha do conhecimento entre os membros da organização.

Podemos então dizer que a Gestão do Conhecimento consiste basicamente na *“forma como as organizações criam, capturam, e reutilizam o conhecimento para atingir os objetivos organizacionais”* (Archer e Wang, 2002). Ainda, Ruhi (2003) define Gestão do Conhecimento como *“processos baseados no conhecimento através do qual as organizações geram valor a partir dos seus bens intelectuais”*. O objectivo de tais processos é então transformar, tanto quanto possível, o conhecimento tácito em explícito.

3.2 Conhecimento em Redes de Empresas

Como já referido anteriormente, a Gestão do Conhecimento está relacionada com a aquisição, manutenção e acesso ao conhecimento de uma organização. Visa explorar o capital intelectual da organização, para uma maior produtividade e competitividade. Devido à globalização e ao impacto da Internet, as organizações estão cada vez mais dispersas geograficamente e organizadas em grupos virtuais. Tais organizações necessitam de ferramentas para gestão do conhecimento e das memórias organizacionais, que encorajem os utilizadores a compreenderem-se uns aos outros, mudando o conhecimento contextual e acelerando a colaboração durante a captura, apresentação e interpretação dos recursos de conhecimento das suas organizações (Fensel, 2004).

Resumindo, podemos dizer que a essência da Gestão do Conhecimento está em como as organizações a levam a cabo (Silva e Agustí-Cullel, 2003), isto é, como:

- Geram e adquirem o conhecimento - como é que as organizações medem e aceleram a produtividade na inovação e criatividade, identificam fraquezas nas suas competências e decidem como corrigi-las.
- Armazenam e preservam o conhecimento - “aprendizagem organizacional” (AO).

- Acedem e usam o conhecimento - isto está relacionado com a forma como as organizações identificam peças relevantes de conhecimento quando confrontadas com novas situações e mudanças, e o que é necessário para construir uma estrutura de modo que aquelas peças de conhecimento possam ser eficientemente recuperadas quando necessário.
- Distribuem e disseminam o conhecimento - diferentes partes da organização têm diferentes competências e capacidades, o que implica uma nova dimensão para acesso e uso do conhecimento, requerendo agentes dentro da organização capazes de comunicar uns com os outros.

Centrado na função principal da organização de criar, armazenar e aplicar o conhecimento efectivamente, a organização em rede amplifica esta função contribuindo para a especialização e variedade nos mercados e nas redes; capacidade de aceder a conhecimento adicional; coordenação guiada por princípios da organização em rede; disponibilidade, isto é, repositórios de conhecimento; vantagem competitiva através do acesso a direitos de propriedade intelectual.

Carlsson (2003) chamou-lhe rede social¹, ao que afirma ser o impulsionador e suporte dos diferentes processos de conhecimento. É também opinião deste autor, que a Gestão do Conhecimento tem de focar-se cada vez mais em rede, se as organizações de conhecimento intensivo quiserem ganhar e sustentar a vantagem competitiva. Isto é corroborado por alguns estudos empíricos: Dyer e Nobeoka (2000), Liu e Brookfield (2000), Powell *et al.* (1996) ou Von Hippel (1988). Estes e outros estudos (Kale *et al.*, 2001; Miles *et al.*, 2000; Richter, 2000; Wynstra *et al.*, 2001) demonstram a importância das redes, e que estas podem ser efectivas em todas as suas actividades dos processos de conhecimento – desde a criação à aplicação e uso.

3.2.1 Partilha de Informação

No contexto das Redes de Empresas, e baseado nas dimensões do conhecimento já explicitadas anteriormente, podemos dizer que o processo de Gestão do Conhecimento envolve (Benjamins *et al.*, 1998; Davenport, 1993; Davenport e Prusak, 1998) captura (aquisição e recolha do conhecimento a ser gerido), organização e estruturação (imposição de uma estrutura no conhecimento adquirido, por forma a geri-lo efectivamente), refinamento (correção, actualização, adição, eliminação, isto é, manutenção do conhecimento), e distribuição e aplicação do conhecimento (levar o conhecimento aos profissionais que dele necessitam). Neste contexto,

¹ Conjunto de nodos - pessoas, organizações, etc - ligados por um conjunto de relacionamentos - amizade, transferência de fundos, etc - de um tipo específico.

Benjamins *et al.* (1998) distinguem dois tipos de Sistemas de Gestão do Conhecimento (SGC), que classificam como:

- Verticais - sistemas desenvolvidos para um tipo particular de situação de negócio.
- Horizontais - sistemas gerais que podem ser aplicados a uma variedade de situações de negócio (quadros conceptuais que podem ser instanciados para situações particulares).

O conceito de criar, codificar, armazenar, distribuir, trocar, integrar, e usar conhecimento nas organizações não é novo, mas as práticas de gestão estão a tornar-se cada vez mais focadas no conhecimento (Collison e Parcell, 2001; Truch *et al.*, 2000). Geralmente, Gestão do Conhecimento refere-se à identificação e condução de conhecimento individual e colectivo numa organização, para a suportar no processo de tornar-se mais competitiva (Baird e Henderson, 2001; Davenport e Prusak, 1998). No entanto, como já referido anteriormente, hoje em dia verifica-se que uma fonte importante para atingir vantagem competitiva, está cada vez mais nas redes de organizações de relacionamentos externos (Gulati *et al.*, 2000). O uso de redes de relacionamentos inter-organizacionais é uma alternativa ao uso de hierarquia e mercado, como já justificado no capítulo 2. Estes são também usados e criados, porque as empresas não possuem os recursos e capacidades relativos ao conhecimento, necessários internamente. Outros autores argumentam que não é o conhecimento por si só que deverá estar em foco, mas sim “*knowing*”. Isto significa uma ênfase no contexto onde o conhecimento é criado, partilhado, integrado e colocado para uso. Esta visão é principalmente uma visão de processo e fluxo, que significa que o desenho e estruturação dos processos e fluxos de conhecimento formam a base para atingir vantagem competitiva. O foco deste trabalho está nesta visão, e principalmente na capacidade da empresa, através de processos e fluxos de conhecimento baseado em Redes de Empresas, criar novo conhecimento e partilhar e empregar o conhecimento existente para resolver problemas, tomar decisões, e realizar acções. Carlsson (2003) distingue assim três tipos de Redes de Empresas (redes sociais) no contexto da Gestão do Conhecimento, baseado no facto da rede ser ou não desenhada e governada pela empresa, e ser aberta ou fechada. A citar:

Extra-redes - Rede que é desenhada e governada pela empresa. A participação nesta rede é restrita (fechada). A rede é uma comunidade com “porta”, significando que apenas a nodos específicos (indivíduos e organizações) é permitida a participação.

Inter-redes - É também uma rede que é desenhada e governada pela empresa, mas a participação na rede não é restrita. É aberta a qualquer pessoa ou organização que queira juntar-se e participar.

Redes abertas - Rede aberta a qualquer um interessado e que deseje participar na criação e partilha do conhecimento. A rede não é desenhada ou governada pela empresa interessada em usar o ambiente externo para criar novo conhecimento, assimilá-lo, e aplicá-lo para fins comerciais (por exemplo, o movimento *open source*). Muitas das redes abertas baseiam-se em ideias “*gift economy*”¹.

Os Sistemas de Gestão do Conhecimento (SCG) referem-se portanto, à classe de Sistemas de Informação (SI) aplicada à gestão de processos e fluxos de conhecimento organizacional e individual. Para as redes, infra-estruturas de comunicações e tecnologias e Sistemas de Gestão do Conhecimento são necessários, mas não suficientes, para uma efectiva e eficiente gestão do conhecimento. Para Carlsson (2003), o ponto de partida epistemológico para a Gestão do Conhecimento está na teoria estratégica de negócio, e especialmente na visão baseada nos recursos da empresa. Esta visão assenta em que a vantagem competitiva baseia-se em recursos internos únicos e válidos, e capacidades que são difíceis de imitar pelos concorrentes. Os recursos são bens disponíveis na empresa ou que esta pode adquirir. As capacidades são desenvolvidas combinando e usando recursos, esses recursos podem ser capacidades. Numa visão baseada no conhecimento, levantam-se algumas questões como, que recursos podem ser usados para criar, adquirir e integrar conhecimento em processos de conhecimento intensivos (por exemplo, desenvolvimento de um novo produto) ou, como podem os processos de conhecimento intensivo ser desenhados, redesenhados e adaptados para alterar as condições de mercado e tecnologias, e que recursos e capacidades mais podem ser usados para desenhar os processos. Uma fonte importante está na visão baseada nos recursos, na Capacidade Absortiva² (CA) e na Capacidade Dinâmica (CD). Teece (2000) refere que a visão baseada nos recursos reconhece, mas não tenta explicar, os mecanismos que permitem a uma empresa sustentar a sua vantagem competitiva. De acordo com Cohen e Levinthal (1990), a Capacidade Absortiva da empresa é crítica para a sua capacidade de inovação.

Zahra e George (2002) propuseram a re-conceptualização da Capacidade Absortiva como Capacidade Dinâmica (CD), e argumentam ser composta por 4 capacidades complementares. A citar:

¹ Hyde (1999) argumenta que “*gift economies*” são necessárias para a criação e disseminação de conhecimento, em situações onde a criatividade e as ideias são cruciais. “*Gift economies*” servem para ligar as pessoas, o que significa que elas criam e mantêm grupos sociais dentro das barreiras sociais estabelecidas. Para se tornar um membro de uma comunidade *gift*, a pessoa ou organização tem de qualificar-se dando e recebendo prendas. Trocar presentes significa iniciar e manter interações.

² Capacidade Absortiva (CA) diz respeito à capacidade da empresa para reconhecer o valor da informação nova, externa, e assimilá-la e aplicá-la para fins comerciais.

Aquisição – baseia-se na capacidade da empresa para identificar e adquirir informação e conhecimento externos, que sejam críticos para as suas operações.

Assimilação – baseia-se nas rotinas e processos da empresa que permitem processar, analisar, interpretar, e compreender a informação e conhecimento das fontes externas.

Transformação – baseia-se na capacidade da empresa para desenhar e redesenhar as rotinas, que facilitam a combinação do conhecimento existente e o novo conhecimento adquirido e assimilado.

Exploração - baseia-se nas rotinas que permitem às empresas refinar, expandir, e conduzir as competências existentes e criar novas, incorporando o conhecimento adquirido e transformando-o nas suas operações.

Um outro importante quadro conceptual em Gestão do Conhecimento é a “Cadeia de Conhecimento” de Koulopoulos (1997). Refere-se à adaptabilidade de uma organização a cada mudança de mercado. A cadeia de conhecimento consiste de 4 estágios, que são percorridos num modo circular. São eles:

Conhecimento interno - refere-se à capacidade das organizações se compreenderem a si próprias em termos de competências que possuem, e não tanto em termos dos seus produtos.

Responsabilidade interna - está relacionada com a conversão do conhecimento interno em grupos com competências e ferramentas para levar um produto ao mercado.

Responsabilidade externa - faz a diferença para o sucesso ou falha da organização. Consiste na capacidade da organização para tomar decisões rápidas e adequadas baseado no instinto corporativo, mais do que em longos processos burocráticos, antes de actuar.

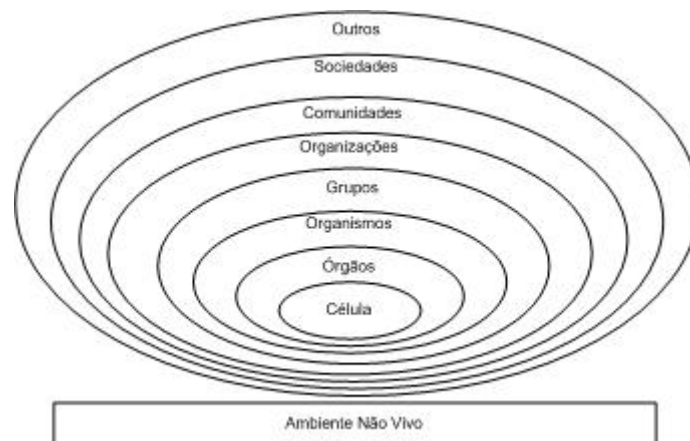
Conhecimento externo - representa a capacidade da organização compreender como o mercado percebe o valor associado com os seus produtos e serviços, bem como as mudanças de direcção ou requisitos dos seus mercados. Quando ligado com conhecimento interno, pode conduzir inteiramente a novos mercados.

Blecker e Neumann (2000) classificando o conhecimento segundo 3 critérios: (1) Natureza (declarativo e procedimental); (2) Disponibilidade (explícito e tácito); e (3) Usabilidade (item cognitivo e conversão do conhecimento) identificam como fases principais para discussão da gestão do conhecimento inter-organizacional: (1) análise do conhecimento tácito ou explícito individual e organizacional; e a (2) transferência do conhecimento orientado ao processo (processual) e ao objecto (declarativo) entre as empresas envolvidas. Esta transferência de conhecimento distingue a

gestão do conhecimento intra-organizacional da inter-organizacional, em que a última tem como principal preocupação a iniciação e gestão do conhecimento, fluxo e utilização comum, isto é, procedimentos para gestão de conflitos na cooperação, confiança e linguagem comum.

3.2.2 Informação, Conhecimento e Aprendizagem

Como já referido anteriormente, a Aprendizagem Organizacional (AO) baseia-se na ideia de redes de conhecimento. Este termo é usado para significar um conjunto de actores¹ e os relacionamentos entre eles (categorizados através dos conteúdos - produtos ou serviços, informação, emoções; formas - duração e coesão dos relacionamentos; e intensidade - frequência de comunicação), quem está incumbido de acumular e usar conhecimento através dos processos de criação e transferência, para o propósito de criar valor. De salientar que as redes (ou grupos, comunidades, organizações) são sistemas abertos, isto é, uma rede mantém uma estrutura e limites relativamente estáveis, enquanto recebe *inputs* do ambiente, procede ao seu processamento e exporta os *outputs*. Assim, os componentes humanos das organizações – indivíduos ou grupos – são também sistemas abertos. Além disso, estes sistemas abertos são compostos essencialmente de entidades vivas – células, órgãos, e organismos (Tracy, 1989). Logo, visto desta perspectiva, a Internet e as suas comunidades de utilizadores, podem ser consideradas como partes integrais de um sistema vivo cibernético, ao nível da meta-comunidade. Portanto, é natural que a teoria dos sistemas vivos² possa ser aplicada à compreensão das redes virtuais emergentes, e aos seus comportamentos sociais (Chen e Gaines, 1997) (ver Figura 3.1).



¹ Actores numa rede social, podem ser indivíduos, grupos, organizações, comunidades, ou mesmo sociedades.

² Teoria dos Sistemas Vivos é o trabalho da vida de James Grier Miller (1978). A teoria dos sistemas básica foi construída sobre a pesquisa por propriedades comuns de todos os sistemas vivos. A teoria de Miller dos sistemas vivos vai para além das teorias dos sistemas gerais e abertos, ao descrever os sistemas vitais e os processos inerentes em células, órgãos, organismos, grupos, organizações, comunidades, etc.

Figura 3.1 - Níveis dos sistemas vivos (Chen e Gaines, 1997).

O conceito de Aprendizagem Organizacional é um dos que parece aberto a múltiplas interpretações. Esteve particularmente associado com o trabalho de Peter Senge no MIT *Centre for Organizational Learning*. Peter Senge no seu livro “*The fifth discipline*” propôs 5 tecnologias (disciplinas) para compreender as organizações que aprendem, isto é, organizações que evoluem autonomamente em resposta às mudanças de estado internas e ambientais. São elas:

- Conhecimento (domínio) pessoal - métodos e recursos relacionados com o crescimento e desenvolvimento pessoal;
- Modelos mentais - descrições explícitas de conceitos, modelos, suposições e generalizações que determinam e influenciam as capacidades pessoais;
- Visão partilhada - objectivos e motivações que são conhecidas serem comuns para mais do que um membro da organização;
- Aprendizagem em grupo - técnicas e métodos para desenvolver as competências individuais através de trabalho cooperativo;
- Pensamento sistémico - estruturação das organizações em termos de sistemas dinâmicos, identificação e reutilização de padrões de estruturas de sistema.

Uma abordagem mais prática destes conceitos pode também ser encontrada em Davenport e Prusak (1998), Senge *et al.* (1994) ou Senge *et al.* (1999). Em Fischer e Ostwald (2001) encontra-se algum criticismo a algumas considerações feitas nestes livros de Gestão do Conhecimento, nomeadamente, é referido que conhecimento não é uma comodidade, isto é, a intangibilidade do conhecimento pede por uma metodologia única para adquiri-lo, gerá-lo, armazená-lo, transferi-lo, partilhá-lo, e comunicá-lo. Os bens tradicionais considerados na gestão organizacional são conceitos observacionais (ou construções objectivas), ao passo que o conhecimento é um conceito teórico (ou construção abstracta). Além disso, é também referido que apesar das dinâmicas e autonomia das organizações baseadas no conhecimento, uma Gestão do Conhecimento completamente descentralizada dificilmente será a mais eficiente forma de gerir uma organização. Ainda, estes autores argumentam que mais do que permitir a acumulação e acesso a grandes quantidades de informação e conhecimento, a Gestão do Conhecimento deveria estar relacionada com formas eficientes de selecção, partilha e comunicação do conhecimento relevante.

Na opinião de Argyris e Schön (1978), Aprendizagem Organizacional ocorre quando: “... *os membros de uma organização actuam como agentes que aprendem, respondendo a mudanças em ambientes internos e externos da organização, detectando e corrigindo erros na teoria organizacional em uso, e incluindo os resultados dos seus inquéritos em imagens privadas e mapas partilhados da organização*”. Isto tem muitas semelhanças com o conceito de Polany (1962) de “Conhecimento Tácito”, em que ele o define como a capacidade dos

seres humanos para executar competências, sem serem capazes de articular como as fazem. No entanto, Argyris e Schön (1978) dão ainda um contributo importante ao distinguirem entre aprendizagem “single-loop” e aprendizagem “double-loop”. A primeira diz respeito aos indivíduos responderem ao erro, modificando estratégias e suposições dentro de normas organizacionais constantes. Ao passo que a segunda, está relacionada com a resposta a erros tomar a forma de um inquérito conjunto nas próprias normas organizacionais. O propósito é resolver as inconsistências entre as normas existentes, e tornar um novo conjunto de normas reutilizáveis. Em ambos os casos, a Aprendizagem Organizacional consiste na re-estruturação da acção organizacional. Esta perspectiva trata as organizações, não como entidades estáticas, mas como conjuntos de indivíduos que enveredam num processo activo de organização. Os indivíduos são continuamente envolvidos na tentativa de conhecer a organização, e conhecerem-se a si próprios no contexto da mesma. A ênfase está no processo de organização, e não na entidade de organização. A organização é portanto, essencialmente, um processo contínuo de inquérito reflexivo (Beynon-Davies, 2002).

Existe também uma clara ligação entre a opinião dos autores citados no parágrafo anterior e Zuboff (1988), acerca da organização informatizada (teoria esta baseada em vários estudos etnográficos). Assim, na opinião desta autora, *“uma organização informatizada é uma organização que aprende, e um dos seus principais propósitos é a expansão do conhecimento – não o conhecimento por si só, mas o conhecimento que vêm residir no centro do que significa ser produtivo”*. O seu principal argumento é que as tecnologias baseadas em computador não são neutras, *“... elas incorporam características essenciais que são limitadas para alterar a natureza do trabalho dentro das nossas fábricas e escritórios, e entre trabalhadores, profissionais diversos, e gestores”*.

Isto leva-nos a concluir que a chave para obter vantagem competitiva a longo prazo, não pode ser encontrada apenas na administração do conhecimento existente, mas também na capacidade de constantemente gerar novo conhecimento, e mover-se para novos produtos e serviços. Uma organização assim, é apelidada normalmente de organização de criação de conhecimento (Seufert e Seufert, 2000). Verifica-se portanto, que o conhecimento deverá ser criado pelas organizações. No entanto, para o conseguirem, terão de investir em Aprendizagem Organizacional. Isto por sua vez, está relacionado com Memórias Organizacionais - o que as organizações conhecem acerca dos seus processos e do seu ambiente. Além disso, o conhecimento tem de ser visto como uma actividade colectiva onde a aprendizagem se torna numa responsabilidade de cada trabalhador do conhecimento (Beynon-Davies, 2002).

As Memórias Organizacionais (MO) são o núcleo da Aprendizagem Organizacional (AO), suportando a partilha e reutilização do conhecimento individual e corporativo e as lições aprendidas, e é assim um pré-requisito nuclear para a Gestão do Conhecimento (GC) empresarial.

À volta das Memórias Organizacionais, os serviços de Gestão do Conhecimento inteligentes proporcionam ao utilizador que trabalha em tarefas operacionais de conhecimento intensivo, toda a informação necessária e útil para levar a cabo as suas tarefas (Abecker *et al.*, 1998b). As MO (ou Memórias Corporativas) têm sido caracterizadas por Kühn e Abecker (1997), como um sistema computacional bem compreendido, que captura o *know-how* acumulado de uma empresa e outros bens de conhecimento, e torna-os disponíveis para alcançar a eficiência e eficácia necessária dos processos de trabalho de conhecimento intensivo. Numa forma mais global, um Sistema de Informação de Memória Organizacional (SIMO) integra técnicas básicas num sistema computacional, em que – dentro das actividades de negócio empresariais – continuamente captura, actualiza e estrutura conhecimento e informação, e disponibiliza-os em diferentes tarefas operativas numa forma poderosa, activa e sensível ao contexto, por forma a melhorar os processos de trabalho de conhecimento intensivo (Abecker e Decker, 1999).

Relativamente ao conceito de organização de aprendizagem contínua, permitido por redes de conhecimento, Seufert e Seufert (2000) identificaram dois elementos fundamentais: (1) tipos de aprendizagem (experimentação, conceptualização, experiência e reflexão) incorporando modos de aprendizagem (teóricos e práticos), e tipos de conhecimento (tácito e explícito); e (2) o espaço onde a aprendizagem e a criação do conhecimento têm lugar. Aqui, estes autores distinguem também duas dimensões de conhecimento tácito: (1) tecnológico - significando o tipo de competências pessoais informais ou *know-how*; e (2) cognitivo - consistindo de crenças, ideais, valores, esquemas, e modelos mentais, isto é, formas de perceber o mundo. Dado que estes tipos de conhecimento podem existir em diferentes níveis organizacionais, os tipos de conhecimento são também caracterizados por duas dimensões: epistemológica e ontológica.

Ainda, e dado que o conhecimento é visto mais como um conceito mais dinâmico do que estático, estes tipos de conhecimento não existem independentemente, mas podem ser convertidos uns nos outros (Seufert e Seufert, 2000). Seguindo Nonaka e Takeuchi (1995), existem quatro modos de conversão que podem ser distinguidos: socialização, externalização, internalização, e combinação (ver Figura 3.2). A citar:

Socialização - compreende a troca de conhecimento tácito entre indivíduos, de forma a dar a saber conhecimento pessoal e experiências.

Externalização - descreve processos de transformação, isto é, por um lado, significa a conversão de conhecimento implícito em explícito, e por outro lado, a troca de conhecimento entre indivíduos ou entre um indivíduo e um grupo.

Combinação - representa a transformação de conhecimento explícito em conhecimento explícito mais complexo e sistematizado.

Internalização - compreende a conversão de conhecimento explícito da organização no conhecimento implícito do indivíduo, requerendo portanto que o indivíduo seja capaz de reconhecer pessoalmente o conhecimento relevante dentro da organização.

Assim, a aprendizagem contínua e a obtenção da própria experiência através do “aprender-fazendo”, pode suportar os empregados nestes processos de internalização. Desta forma, capacidades e competências (*know-how*), bem como visões e linhas de orientação das empresas podem ser internalizadas, e portanto partilhadas por toda a empresa. Este conhecimento tácito e experiência ganhos ao nível individual podem ser partilhados novamente (socializados) com outros, para se tornar conhecimento organizacional. Deste ponto de vista, a Gestão do Conhecimento pode ser explicada como a gestão do ambiente, que faz o conhecimento fluir por todas as diferentes fases do seu ciclo de vida (Borghoff e Pareschi, 1997).



Figura 3.2 - Modelo de conhecimento tácito/explicito (Nonaka e Takeuchi, 1995).

Relativamente aos processos de partilha do conhecimento que permitem a transferência de conhecimento de e para as duas formas da base do conhecimento (tácito e explícito), Ruhi (2003) caracteriza-os como:

- **Colaboração** - trata da disseminação e distribuição do conhecimento não estruturado. É através de várias formas de colaboração que uma organização pode instituir o conhecimento tácito das suas pessoas num nível corporativo alargado, acelerando uma cultura de negócio e estabelecendo rotinas organizacionais corporativas. Este processo mapeia o aspecto da socialização de Nonaka e Takeuchi (1995).
- Meios formais: reuniões, conferências e colóquios.

- Meios informais: conversas, discussões e diálogos entre os indivíduos.
- **Descoberta** - proporciona uma interface sistemas-sistemas dentro da organização, permitindo a transferência de conhecimento explícito entre sistemas. É normalmente baseada na máquina e executada por módulos e componentes dos sistemas de informação, que podem compreender diferentes tipos de aplicações e programas. Exemplos, são ferramentas que extraem informação de bases de dados e de repositórios de informação, baseado em parâmetros de pesquisa específicos. As bases de dados e os sistemas de recuperação de informação, compreendem normalmente uma parte do Sistema de Gestão do Conhecimento da organização. Este processo mapeia o aspecto da combinação de Nonaka e Takeuchi (1995).
- **Troca** - proporciona as interfaces pessoas-sistemas e sistemas-pessoas dentro da organização. É a interface de troca que permite a inter-conversão das 2 formas de conhecimento: pessoas-sistemas - permite a conversão do conhecimento tácito para explícito, e sistemas-pessoas - permite a conversão do conhecimento explícito para tácito. É através destas duas interfaces que uma organização pode desenvolver e estabelecer rotinas e procedimentos, que podem ser permanentemente embebidos nos seus Sistemas de Gestão do Conhecimento. A interface pessoas-sistemas proporciona meios para externalização, e a sistemas-pessoas para internalização, no modelo de Nonaka e Takeuchi (1995).

No entanto, Aprendizagem Organizacional (AO) requer aprendizagem individual. Por outro lado, aprendizagem individual tem de interactuar num ambiente social dinâmico, de forma a contribuir efectivamente para a AO. Deste modo, Seufert e Seufert (2000) propuseram um modelo que estende o diálogo entre conhecimento tácito e explícito. Eles sublinham os modos de aprendizagem e ligam-nos ao conceito “Ba”¹. “Ba” pode ser pensado como um lugar partilhado para relacionamentos emergentes, proporcionando uma plataforma para desenvolvimento do conhecimento individual e colectivo. O conhecimento está incluído em “Ba”, onde é então adquirido através da própria experiência ou reflexões em experiências de outros. Contrariamente à informação, o conhecimento reside em “Ba” e é tangível. Fazendo correspondência com as quatro fases de criação de conhecimento de Nonaka e Takeuchi (1995), existem quatro tipos de “Ba”: (1) Originação (socialização), (2) Inter-actuação (externalização), (3) Exercitação (internalização) e (4) Sistematização (combinação). Estes tipos de “Ba” oferecem plataformas para as etapas específicas no processo de criação de conhecimento.

¹ Conceito Japonês para “lugar” que define a fundamentação para aprendizagem e criação de conhecimento (Nonaka e Takeuchi, 1995).

Relativamente ao desenvolvimento de redes de conhecimento, Seufert e Seufert (2000) têm distinguido entre as emergentes e as intencionais. Redes de conhecimento intencionais são vistas como redes que são construídas de “esboços”; ao passo que as redes de conhecimento emergentes já existem, mas têm de ser “cultivadas” de forma a melhorarem o seu desempenho. Na sua opinião, as redes de conhecimento proporcionam uma plataforma ideal para a criação de diferentes tipos de “Ba” numa organização, combinando o conceito de rede com o conceito de criação de conhecimento de “Ba”. A abertura e riqueza das redes, acredita-se acelerar um ambiente fértil para a criação de novo conhecimento, permitindo também desta forma maior dinâmica para a potenciação da inovação. Quando existe uma política de “cultivo” dos relacionamentos, que são a base para os processos de criação de conhecimento, temos também que ter em conta os efeitos de transformação que as tecnologias de informação e comunicação podem ter, especialmente no que concerne à forma e intensidade da comunicação, cooperação e coordenação (ver secção 3.5).

Para estruturação, acesso e manutenção de grandes quantidades de informação heterogéneas, são necessárias descrições de meta-nível apropriadas que especifiquem a estrutura, o conteúdo, e o potencial de utilização do conhecimento ao nível do objecto. Tais descrições de meta-nível são proporcionadas para os dados na forma de meta-modelos, para o conhecimento formal como ontologias¹, e para os documentos informais como descrições do documento. Assim, o objectivo de utilização de ontologias tem normalmente duas vertentes. Por um lado, referindo-se às ontologias modeladas, os componentes do sistema são disponibilizados para permitir converter as expressões criadas por um componente num outro componente. Por outro lado, a organização dos conceitos de domínio relevantes, em ontologias adequadas, facilitam o raciocínio acerca desses conceitos (Abecker *et al.*, 2000). A utilização das ontologias no suporte à gestão da informação e do conhecimento em redes, será desenvolvida no capítulo 4 deste trabalho.

3.3 Informação e Conhecimento na Formação e Dissolução de Redes

Adicionalmente a outras responsabilidades e expectativas, uma organização que entra numa Rede de Empresas (RE), investe parte do capital de conhecimento através da partilha, e é natural esperar retorno de tal investimento. O processo de formação e dissolução de Redes de Empresas

¹ As ontologias podem ser definidas como teorias de conteúdo acerca da ordenação de objectos, propriedades de objectos, e relações entre objectos que são possíveis num domínio específico de conhecimento (Abecker, A., Bernardi, A., *et al.*, 2000). As ontologias proporcionam um vocabulário específico para a especificação de recursos de informação bem como necessidades de informação por forma a evoluir de uma abordagem de gestão, indexação e recuperação da informação baseada na palavra-chave para uma abordagem baseada no conceito. As ontologias formam também a base para pesquisa e recuperação de conhecimento assistida.

gera novo conhecimento e consolida o existente. Estes processos são a forma pela qual uma organização em rede distribui e recolhe dividendos do conhecimento investido. A Gestão do Conhecimento (GC) refere-se ao aproveitamento do capital intelectual e social dos indivíduos, por forma a melhorar as capacidades de Aprendizagem Organizacional, reconhecendo que o conhecimento, e não apenas a informação, são a principal fonte do potencial inovador de uma organização (Castells, 1996; Marshall, 1997).

Existe um corpo significativo de trabalho de investigação tendo em vista a Gestão do Conhecimento em Redes de Empresas (Archer e Wang, 2002). As Redes de Empresas desempenham uma função relevante no processo de transferência de conhecimento, onde os parceiros podem mais facilmente participar na difusão de melhores práticas. No entanto, existem barreiras ao acesso na partilha do conhecimento, como sejam, a falta de uma linguagem legítima que todos os membros do grupo compreendam; a história de falhas e hábitos que os membros do grupo partilham; os procedimentos formais e paradigmas da empresa; competências altamente reconhecidas; a distância (física e no tempo); preferências do grupo de trabalho por um modo de comunicação particular. Verificamos assim, que o sucesso no processo de transferência de conhecimento depende, além do receptor e das natureza da tarefa, também do tipo de conhecimento a ser transferido e do tipo de parceria estabelecido. Com base nestes pressupostos, Archer e Wang (2002) caracterizam a Gestão do Conhecimento em Redes de Empresas segundo cinco dimensões, que se reflectem pelas várias fase do seu ciclo de vida. São elas:

- Inter-dependência/complexidade - várias mudanças ambientais, tais como, a globalização, aumento de risco de mercado, crescente ênfase no serviço ao cliente e nas competências baseadas no grupo, e a competitividade, têm aumentado a extensão da inter-dependência e o seu significado nas actividades organizacionais.
- “*Tacitness*” - a dificuldade na partilha e transferência do conhecimento em Redes de Empresas diferirá significativamente, dependendo do grau de “*tacitness*” do conhecimento em questão. As técnicas usadas para transferir conhecimento dependerão da sua natureza e dos relacionamentos, e das características das organizações envolvidas.
- Especificidade - é definida como a especificidade da contribuição do recurso do conhecimento da empresa para a rede. Se a rede envolve recursos exclusivos e especializados para aplicações particulares, a especificidade é elevada. Por exemplo, organizações com grandes investimentos numa infra-estrutura específica de rede para Gestão do Conhecimento, terão menor probabilidade de abandonar o relacionamento, sem primeiro explorar todas as possibilidades de o fazer funcionar.

- Relacionamentos - os relacionamentos entre as empresas (com fornecedores, clientes, etc.) terão um efeito significativo em como a Gestão do Conhecimento é implementada. Por exemplo, empresas de clientes serão capazes de influenciar os fornecedores na formação, operações, e políticas da rede na Gestão do Conhecimento.
- Poder de mercado - dado que afecta a boa vontade das organizações para se ligarem em rede, pode ser visto como o recurso que pode ser fortalecido pela formação de redes organizacionais para sobreviverem face à concorrência. Por exemplo, algumas organizações podem ter um poder de mercado tão forte, que os *clusters* das organizações de fornecedores e clientes não tenham alternativa senão ligarem-se em rede.

As Redes de Empresas (RE), e em particular, as Empresas Virtuais (EV) tornam-se cada vez mais importantes nos cenários de negócio, principalmente devido à descentralização e globalização. Parece assim óbvio que a interoperabilidade semântica entre diferentes fontes de conhecimento é necessária nas aplicações de gestão do conhecimento inter-organizacional.

Numa perspectiva mais de gestão, as contribuições mais relevantes focam-se em estudos empíricos para determinar como é que os factores organizacionais (económicos, sociais, sistémicos) influenciam a eficácia da Gestão do Conhecimento, com vista a um melhor desempenho das Redes de Empresas e dos seus membros. Numa perspectiva mais tecnológica, algum do trabalho relevante tem sido desenvolvido na aplicação de ontologias como uma infra-estrutura semântica, para partilha do conhecimento entre os membros da Empresa Virtual. Particularmente, o trabalho na integração e mapeamento de ontologias heterogêneas e distribuídas (Maedche *et al.*, 2003a) parece ser promissor, dado estar mais em linha com o grau de autonomia das organizações que participam em Empresas Virtuais. No entanto, da análise da literatura específica, constatou-se que não existe um trabalho de investigação relevante que suporte explicitamente a formação e dissolução de Empresas Virtuais, nomeadamente, na emergência, evolução, consolidação, acesso e dissolução de conhecimento específico e relevante.

Ainda, no contexto actual em que muitos dos processos de inovação estão a tornar-se cada vez mais interactivos, requerendo *networking* simultâneos através de múltiplos relacionamentos, e que consequentemente envolve negociação entre diferentes grupos sociais, os quais podem ter normas, valores culturais, e interesses diferentes no processo de inovação, implica que o conhecimento tem de ser continuamente negociado através de processos de *networking* social interactivos. Assim, o conhecimento não é transferido mas deverá ser continuamente criado e recriado, à medida que os indivíduos partilham uma compreensão ou um quadro conceptual de referência comum. Neste sentido, Swan *et al.* (1999) distinguem dois tipos de redes de conhecimento: (1) “*cognitive networking*” - baseadas nos fluxos de informação linear, onde os Sistemas

e Tecnologias de Informação (STI) são veículos de informação e (2) “*community networking*” - baseadas num tipo de “fazer-sentido”, onde os STI são os facilitadores. Este trabalho baseia-se na “*community view*”, por se entender ser esta a única adequada para a compreensão e exploração da formação e dissolução de Redes de Empresas, dado estar fortemente ligada aos processos técnicos e sociais (a Rede de Empresas é assim vista como uma rede sócio-técnica¹). De certo modo, esta perspectiva está também em linha com uma visão de alto nível da gestão do conhecimento como um processo (em oposição ao produto) (Abecker *et al.*, 2001; Hansen *et al.*, 2005).

A formação de Redes de Empresas compreende (re)arranjos estruturais nas organizações participantes, como resultado da (re)definição dos relacionamentos. Estas mudanças implicam mudanças sociais ao nível do ambiente de trabalho e conteúdo, autonomia e responsabilidade, competências, etc. Existem mudanças sociais, e como tal não podem ser mapeadas através da formalização num método ou abordagem bem estruturado. É por isso da maior importância que as descrições de configurações sócio-técnicas, anotadas relativamente a problemas, soluções, ou sugestões específicas, possam ser facilmente armazenadas, recuperadas e correlacionadas.

Uma visão de gestão holística também requer a gestão dos relacionamentos e interações dos indivíduos e grupos com as tecnologias, através de um posicionamento adequado dos artefactos tecnológicos, tal como um Sistema de Gestão do Conhecimento num contexto social da acção humana. De facto, hoje em dia, os STI têm uma forte influência nos relacionamentos dos actores humanos, que é interessante conceptualizar como actores sociais por si próprios. Através de um modelo multi-perspectiva que realce as funcionalidades de suporte à Gestão do Conhecimento, pode ser esperado que cada pessoa ou grupo seja capaz de explorar completamente as redes de relacionamentos que são importantes no âmbito das suas responsabilidades, no processo de formação e dissolução. Os relacionamentos podem ser analisados, desenhados e geridos em diferentes níveis e de diferentes perspectivas.

A gestão de uma Rede de Empresas, em particular, os processos de formação e dissolução podem ser vistos como a gestão de relacionamentos e interações entre os diferentes actores, directamente ou indirectamente envolvidos nas actividades. Os relacionamentos envolvem operações, processos, recursos, conhecimento, interacção social, confiança, poder, etc. Por sua vez, os relacionamentos podem estar relacionados com outros relacionamentos. Por exemplo, um relacionamento operacional entre um gestor de aprovisionamento e um dos seus fornecedores, está

¹ Um Sistema Sócio-Técnico (SST) é um sistema de tecnologia usado dentro de um sistema de actividade humana. Sistemas de Informação (SI) são principalmente exemplos de SST, dado que SI consistem de STI usados dentro de algum sistema de actividade humana. Fazem portanto a ponte entre a TI e a actividade humana. Parte da actividade humana envolve o uso de STI, e a informação fornecida pelos STI conduzirá a tomada de decisão conduzindo a acção dentro da organização (Beynon-Davies, 2002).

relacionado ou é influenciado pelo seu relacionamento com outros fornecedores, pelo relacionamento desse fornecedor com outros clientes, etc. Isto pode ser considerado como uma evolução do conceito de meta-gestão (Mowshowitz, 1997) em Organizações Virtuais (OV), envolvendo a gestão de tarefas distribuídas ligadas a algum acordo prévio de objectivos globais, mas também aos objectivos e expectativas individuais. Desta forma, o movimento do gestor (que pode ser qualquer nodo na rede) de um assunto ou questão para outro, está fortemente dependente das ligações (relacionamentos) que ele detém actualmente e dos objectivos do momento. Portanto, podem existir vários níveis de relacionamentos. Por exemplo, dependendo do nível de agregação dos actores (por exemplo, nodos numa rede colaborativa), nós podemos explorar os relacionamentos entre empresas, entre os grupos, entre as funções, etc.

Em conclusão, e conforme já descrito no capítulo 2, podemos afirmar que os relacionamentos sociais em Redes de Empresas (RE) têm maior probabilidade de serem formados quando os actores podem assentar em redes sociais densas e espacialmente restritas. Isto também caracteriza os já definidos “*Virtual Breeding Environments*” (VBE) (Camarinha-Matos, 2003). É portanto muito importante que as organizações se reconheçam um ambiente organizacional de confiança, onde a formação e dissolução de uma RE (ou por exemplo, uma EV) possa ser ágil, ultrapassando longas negociações e definições contratuais. No entanto, para apoiar a formação e dissolução de Empresas Virtuais dentro de um VBE, terá que ser acrescentado um nível de conhecimento que vise a criação de dinâmicas baseadas em comunidade, mais do que em dinâmicas baseadas na negociação e na transacção (embora esta última possa estar presente, mas com a possibilidade de ser simplificada).

3.4 Architecturas de Informação em Redes de Empresas

Mais do que permitir a acumulação e acesso a grandes quantidades de informação e conhecimento, a Gestão do Conhecimento (GC) deveria estar relacionada com formas eficientes de selecção, partilha e comunicação do conhecimento relevante. No entanto, a maioria dos Sistemas de Gestão do Conhecimento actuais são baseados em abordagens centradas no documento, sendo capazes de suportar, apesar de eficientemente, apenas uma fracção de todo o ciclo de conhecimento (classificação, armazenamento, e recuperação). Têm portanto 3 limitações principais, que se relacionam com (Silva e Agustí-Cullel, 2003):

- A gestão do conhecimento tácito: a gestão do conhecimento tácito não consiste apenas em proporcionar aos membros da comunidade meios de comunicação (por exemplo, e-mail), mas também em suportar as suas dinâmicas de interacção social (incluindo

confiança, motivação, e atitudes/comportamentos sociais). É por exemplo errado pensar que as pessoas participam automaticamente em comunidades on-line.

- As organizações modernas estão em contínua mudança e não têm tempo para codificar todo o seu conhecimento tácito em conhecimento explícito (o qual se torna rapidamente obsoleto, sendo por isso difícil justificar os custos);
- Este conhecimento pode ser muito difícil de codificar, em particular aquele que envolve factores intangíveis, tais como conhecimentos subjectivos, crenças, perspectivas e emoções;
- Este processo de eliciação pode levantar alguma resistência das próprias pessoas (porque eles consideram este conhecimento como bens estratégicos pessoais que garantem a sua posição na organização);
- O conhecimento tácito representa um elemento crítico da capacidade da organização para aprender.
- A capacidade de envolver os utilizadores em trocas de conhecimento contínuas, activas e dinâmicas: usualmente os Sistemas de Gestão do Conhecimento centrados no documento propõem dois modos de interacção: (1) o utilizador especifica a sua pesquisa numa forma de consulta (na forma de palavras-chave, categorias ou domínios) e o sistema devolve um conjunto de documentos que satisfazem a consulta; e (2) o utilizador é capaz de localizar conhecimento, pesquisando uma pseudo-categoria de conhecimento como uma árvore. Estes 2 modos são complementares, o primeiro é usado quando os utilizadores conhecem em avanço o que procuram, e o segundo é usado quando têm uma ideia menos precisa. Neste segundo caso, a navegação na estrutura de classificação ajuda-os a formularem e descobrirem progressivamente o conhecimento (serendipidade).
- O suporte da especificidade de cada utilizador, tendo em conta a interacção da sua função particular na organização, a sua competência, estilo cognitivo, interesses, desejos e motivações: nos sistemas actuais, quando muito, o utilizador é capaz de especificar algumas preferências na representação da informação (tal como a posição da informação mostrada no portal); e em casos mais avançados, é capaz de especificar algum interesse que os sistemas tomarão em conta para filtrar a informação a ser mostrada. É importante que os sistemas sejam capazes de ir mais além e de também permitirem incluir a função do utilizador na organização, as suas competências, o seu estado cognitivo, os seus interesses, os seus desejos e motivações. Isto permite:
 - Aumentar a relevância pessoal do conhecimento que é distribuído, e assim a reduzir a carga cognitiva (quanto mais o Sistemas de Gestão do Conhecimento conhecer

acerca do utilizador, mais será capaz de distribuir conhecimento útil e intervir adequadamente no processo de conhecimento);

- Ter sistemas personalizados e centrados no utilizador que podem ser úteis na definição e manutenção da identidade do utilizador, e assim facilitar a expressão da sua identidade no ambiente social;
- Transformar radicalmente a função, a percepção e o valor dos Sistemas de Gestão do Conhecimento, dado que através de uma compreensão profunda do utilizador poderem facilitar o desenvolvimento de novos relacionamentos com esse utilizador.

De forma a colmatar as limitações anteriormente referidas, os Sistemas de Gestão do Conhecimento deverão então proporcionar (Nabeth *et al.*, 2002):

- Forte suporte para a dimensão social (gestão do conhecimento tácito), envolvendo:
 - Mecanismos de comunicação que ajudem a comunidade de utilizadores a comunicar, tais como, diferentes combinações de discussões síncronas/assíncronas entre 2 ou mais indivíduos localizados no mesmo ou em dois locais diferentes e usando um meio de comunicação diferente (voz ou texto). Plataformas tecnológicas propõem diferentes meios para suportar esses mecanismos com ferramentas como: e-mail, fóruns de discussão ou telefone. No entanto, a existência destas ferramentas representa apenas a condição necessária, mas não suficiente para existir comunicação, isto é, as pessoas necessitam de boas razões para enveredar por uma troca social, implicando assim a necessidade de segurança e um nível mínimo de confiança.
 - Mecanismos que contribuem para suportar as dinâmicas sociais das comunidades. Estes incluem componentes que facilitam a formação e sustentabilidade das estruturas sociais (grupos ou comunidades), confiança e reputação, ou actividades colaborativas, tais como: sistemas de formação de grupo; sistemas de recomendação/opinião, sistemas de reputação, visualização da actividade social (os quais contribuem para a transparência e portanto, para a motivação social, adopção de valores partilhados, e a construção de confiança); sistemas de coordenação (sistemas de negociação, sistemas de resolução de conflitos, sistemas de decisão em grupo, sistemas de votação) que ajudem a suportar as actividades sociais mais estruturadas e a manter a coesão do grupo.
- Uma estimulação activa baseada em agentes para trocas de conhecimento dinâmicas, isto é:

- O conhecimento pode ser representado e distribuído de uma forma mais rica e activa, isto é, não necessita de ser representado como documentos estáticos, podendo tomar a forma de documentos estruturados e em evolução, que são colaborativamente anotados e é identificado o autor (usando técnicas de sistemas de opinião); acesso a pessoas (especialistas, parceiros) com quem o utilizador pode enveredar em interacção (inclui serviços de localização das pessoas e também avaliação do quanto podem ser confiáveis e do benefício recíproco de interacção); fóruns/discussão; outras ferramentas relacionadas com a Gestão do Conhecimento, tais como, ferramentas de avaliação ou tomada de decisão.
- O nível de interactividade com o utilizador pode ser radicalmente transformado com o uso de agentes artificiais, que gerem proactivamente o processo de distribuição do conhecimento. Estes agentes suportam inteligentemente o trabalhador de conhecimento em todo o ciclo de Gestão do Conhecimento, e em particular, antecipando as necessidades do utilizador; propondo-lhes proactivamente objectos de conhecimento que podem não ser conhecedores; guiando-os, avaliando os problemas, sugerindo soluções, e fazendo recomendações durante o processo de trabalho (tomada de decisão, solução de problemas, criação de conhecimento); assistindo-os nas suas interacções com outros; estimulando-os e motivando-os; ajudando-os a reflectir, re-estruturar e adquirir novo conhecimento (ajudar a aprender).
- Um elevado nível de personalização, isto é, os Sistemas de Gestão do Conhecimento deverão ser centrados no utilizador, podendo:
 - Suportar mais eficientemente a actividade corrente do trabalhador de conhecimento, conhecendo o seu foco, o seu objectivo e a sua função na organização;
 - Seleccionar e distribuir conhecimento de forma a maximizar o seu impacto;
 - Explorar a motivação individual e social do utilizador (as pessoas são orientadas por objectivos pessoais e acreditam ter uma influência forte no seu compromisso, e portanto, na qualidade do seu trabalho).

A base de conhecimento permite que a partilha de conhecimento entre organizações seja facilitada através dos relacionamentos que transcendem as barreiras dos negócios individuais. Esses relacionamentos permitem a transferência do conhecimento dos elementos organizacionais num negócio, para os elementos organizacionais noutra negócio. Segundo Ruhi (2003), os processos que permitem esses relacionamentos são uma expansão dos 3 processos que compreendem a rede de conhecimento (secção 3.2.2). A citar:

- **Colaboração estendida** - é facilitada através de comunicação formal e informal entre pessoas de diferentes organizações. Mais uma vez, a colaboração pode ser informal, tomando a forma de conversação ou diálogo entre pessoas de duas organizações, ou pode ser formal, tomando a forma de um acontecimento que inclui pessoas de diferentes organizações, por exemplo, conferências e colóquios industriais.
- **Descoberta estendida** - é facilitada através de programas e aplicações que estendem os SI de várias organizações. Essas aplicações permitem a exploração do conhecimento via ligação dos SI de duas empresas. As ligações tornam-se possíveis através de tecnologias como a Internet e VPN (*Virtual Private Network*). As aplicações podem tomar a forma de sistemas de recuperação de informação, que podem operar em bases de dados e repositórios de informação, através daquelas ligações. Os motores de pesquisa na Internet são um exemplo comum de tais sistemas, que recuperam informação de múltiplos sítios *web*, e tornam a informação acessível através de uma interface.
- **Troca estendida** - é facilitada através da distribuição de SI inter-organizacionais que proporcionam um espaço de interacção comum para pessoas e sistemas de diferentes negócios. Esses sistemas também assentam em tecnologia como a Internet e VPN. As tecnologias que permitem a transferência de conhecimento incluem os servidores de e-mail, fóruns de discussão e *groupware*, e sistemas construídos sobre as normas de troca de informação, tais como EDI (*Electronic Data Interchange*) ou XML (*eXtensible Markup Language*).

Num nível mais elevado, as bases de conhecimento estabelecem as interligações entre as redes de conhecimento pré-existent dentro das organizações, para criar uma Empresa Virtual que subsiste como um todo aos esforços de partilha do conhecimento entre os negócios constituintes. A base de conhecimento permite que as redes de conhecimento sejam interligadas, facilitando as ligações de partilha de conhecimento entre elementos organizacionais de uma empresa para outra.

Ainda, Magnusson e Nilsson (2003) apresentam uma taxonomia de rede baseada na diferenciação da integração do conhecimento, onde se distinguem os três tipos de redes que se apresentam a seguir:

Rede de Cadeia de Fornecimento - caracterizada por um baixo grau de integração do conhecimento e em que existe uma prévia colaboração ao longo da cadeia de fornecimento, que evolui para a rede onde todos os parceiros têm conhecimento de qual é produto final. Os parceiros geralmente verificam que não há necessidade de troca de conhecimento em áreas em que não é relevante para os resultados e optimização das interfaces da cadeia. Neste

tipo de rede, destacam-se as actividades de facilitação¹ com foco no investimento em STI que permitem aos parceiros comunicar conhecimento relevante do produto numa interface específica. A área é criada pelo gestor do conhecimento que coincide com a função do gestor de rede, e a responsabilidade de troca de conhecimento factual é deixada aos parceiros.

Rede de negócio - construída por um actor central que identifica previamente uma oportunidade de negócio e cria a rede para fornecer essa necessidade. Grau médio de integração do conhecimento, dado que este tipo de rede mostra um nível elevado de controlo pelo actor central. Neste tipo de rede, destacam-se actividades de intervenção² através do actor central (coincidindo com a função de gestor de rede), exibindo um elevado grau de controlo sobre o processo de Gestão do Conhecimento. O principal foco da Gestão do Conhecimento consiste no governo das trocas factuais de conhecimento na rede.

Rede de Investigação - caracterizada por elevado grau de integração do conhecimento entre os parceiros na rede, e a criação do conhecimento ser o principal objectivo da colaboração. A rede é normalmente um conjunto de empresas com uma certa competência, que colaboram nalgum tipo de actividade de investigação onde os resultados do processo não são claramente definidos. Mesmo que a colaboração falhe na criação de algo, resulta sempre experiência de aprendizagem para as empresas participantes. Neste tipo de rede, destacam-se actividades de facilitação através de um claro foco na criação de um ambiente e uma cultura onde a troca de conhecimento é venerada. Ao contrário do foco na facilitação estrutural da troca de conhecimento nas redes de cadeias de fornecimento, aqui o foco está na facilitação cultural da troca.

Assim, podemos concluir que pode dizer-se que a Gestão do Conhecimento nas Redes de Empresas (e no caso particular das PME) manifesta-se numa gestão de acção colaborativa, podendo ser de natureza facilitadora ou interventiva e em que a melhor prática está dependente do tipo de rede e da ênfase colocada nas actividades.

3.5 Sistemas e Tecnologias de Informação para Gestão do Conhecimento

O sucesso organizacional é antecipado, em parte, no sucesso dos Sistemas e Tecnologias de Informação (STI). Dada a pirâmide estabelecida para a gestão das “informáticas”, a Gestão do

¹ Actividades para proporcionar uma área para a gestão do conhecimento, tal como a aquisição e implementação de STI e outros investimentos estruturais, por exemplo, na infra-estrutura, bem como na criação de ambientes e culturas.

² Actividades para governar a gestão do conhecimento na área.

Conhecimento (GC) assentará claramente numa infra-estrutura de gestão e planeamento de STI efectivos dentro de uma organização particular, e por sua vez em Redes de Empresas. Esta ideia é sustentada nas formas de gestão informática definidas por Michael Earl em Beynon-Davies (2002), e que suportam qualquer estratégia organizacional. Assim, distingue-se:

Informação - actividade envolvida na recolha, armazenamento, disseminação e uso de informação dentro da organização, e que está relacionada com a direcção estratégica global da organização e o planeamento, regulação e coordenação da informação no suporte desta.

Sistemas de Informação - necessários para suportar a actividade organizacional nas áreas de recolha, armazenamento, disseminação e uso; e que estão relacionados com a questão de proporcionar o tratamento de informação para suporte às actividades organizacionais.

Tecnologias de Informação - consistindo no hardware, software, comunicações e conhecimento, e em competências específicas disponíveis para a organização; estão relacionadas com a questão de proporcionar a infra-estrutura técnica necessária para implementação do tratamento de informação desejado.

Sistemas de Tecnologias de Informação - consistindo de um conjunto organizado de hardware, software, dados e comunicações desenhados para suportar aspectos de algum sistema de informação dentro de um sistema de actividade humana. É um sistema técnico - algumas vezes referido como um sistema *hard*.

Sistemas de Actividades Humanas - consistindo de um conjunto lógico de actividades realizadas por um determinado grupo de pessoas. É um sistema social - algumas vezes referido como um sistema *soft*.

Tecnologias de Informação, tais como, *intranets*, *groupware*, *datawarehouses*, *datamining*, etc., são todas tecnologias muito discutidas como relevantes para a Gestão do Conhecimento (GC) (ver Figura 3.3). No entanto, são vários os autores que propõem distinguir as contribuições de TI em duas categorias, de acordo com o seu principal foco e abordagem. Por exemplo, Abecker e Decker (1999), Hansen *et al.* (1999) ou Swan *et al.* (1999) distinguem:

- Visão centrada no **Processo** - compreende a gestão do conhecimento principalmente como um processo de comunicação social, que pode ser melhorado através de TI nos vários aspectos dos sistemas de trabalho em grupo. É baseado na observação que a fonte mais importante de conhecimento numa empresa são os empregados. Técnicas básicas para esta abordagem vêm da Gestão do Fluxo de Trabalho e Trabalho Cooperativo Suportado por Computador (TCSC).

3.5 SISTEMAS E TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO PARA GESTÃO DO CONHECIMENTO

- Visão centrada no **Produto** - foca-se nos documentos do conhecimento, na sua criação, armazenamento e reutilização em memórias organizacionais. É baseada na explicação, documentação e formalização do conhecimento para tê-lo como uma fonte tangível. O desenvolvimento e utilização do conhecimento pelos utilizadores deverão ser suportados pela apresentação de fontes de conhecimento correctas, no tempo apropriado. Técnicas básicas vêm da Gestão de Documentos, dos Sistemas Baseados em Conhecimento, e dos Sistemas de Informação.

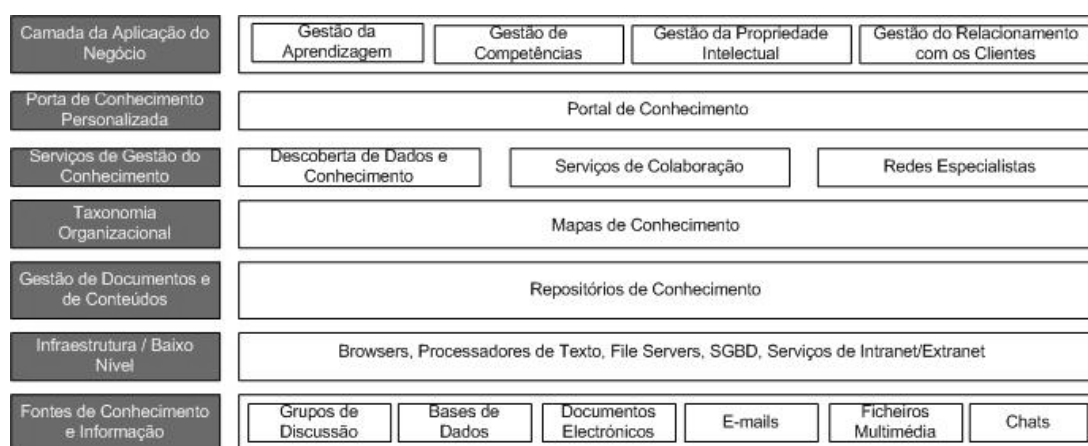


Figura 3.3 - Arquitectura do modelo de Gestão de Conhecimento (Lindvall et al., 2002).

Por outro lado, Hansen *et al.* (1999) definem as duas estratégias alternativas para a Gestão do Conhecimento, como:

- **Codificação** - assenta na representação explícita, isto é, simbólica do conhecimento. O conhecimento é extraído dos agentes inteligentes e armazenado usando algum tipo de representação linguística (documentos em papel, informação baseada em computador, etc.). Quando isto é feito, o conhecimento torna-se independente dos seus agentes inteligentes originários, e pode ser reutilizado por outros agentes sem intervenção directa das fontes originárias deste conhecimento. A estrutura de codificação traz à organização baseada no conhecimento, os mesmos benefícios que Taylor e Ford levaram ao fabrico. Como referido por Hansen *et al.* (1999), esta estratégia tem vantagens para as organizações que têm produtos padronizados e mercados estáveis.
- **Personalização** - assenta na construção de redes de capacidades - frequentemente chamadas “mapas de conhecimento” - que identificam cada pedaço do conhecimento dos agentes inteligentes. A estrutura de personalização é imaginada para organizações relacionadas com produtos personalizados ou inovadores, mercados dinâmicos, e

situações na qual o conhecimento relevante para a organização, não pode ser completamente representado (existe muito conhecimento tácito).

Assim, podemos dizer que a estrutura de codificação relaciona-se com o princípio organizacional centrado na estrutura (produto); e a estrutura de personalização relaciona-se com o princípio organizacional centrado nas pessoas (processo). Isto está também em linha com o pensamento de Swan *et al.* (1999) para redes de conhecimento, conforme já referido na secção 3.3.

Hansen *et al.* (1999) acrescentam ainda que o conceito central na Gestão do Conhecimento baseada em codificação, é a reutilização do conhecimento e a crença que a reutilização é mais bem feita através do armazenamento e recuperação do conhecimento, de forma a tornar-se independente das suas origens. A solução para isto está na construção de uma biblioteca de conhecimento. A coordenação do conhecimento está relacionada com a função de uma biblioteca que esteja preparada para identificar as necessidades do utilizador e guiá-lo na procura do conhecimento necessário. Cada peça de conhecimento relevante pode ser armazenada nesta biblioteca independentemente da sua origem. As ontologias constituem a ferramenta conceptual mais adequada para construir estas bibliotecas de conhecimento, funcionando como um sistema de indexação para a biblioteca. A abordagem seguida neste trabalho, e apresentada mais à frente no capítulo 5, exemplifica bem a argumentação deste autor.

O sistema de coordenação de conhecimento baseado nas capacidades é mais fraco na retenção do conhecimento, do que o baseado na representação de conhecimento explícito. Para fazer face a esta situação, Silva e Agustí-Cullel (2003), baseado nas propostas estratégicas de Hansen *et al.* (1999), defendem uma abordagem que consideram complementar à abordagem de engenharia ontológica de Fensel e van Harmelen (1999) e que assenta em mapas de conhecimento (Davenport e Prusak, 1998; Liebowitz, 1999). Sendo que mapas de conhecimento podem ser apontadores para onde está o conhecimento, sem representar o próprio conhecimento, isto é, ajudam a identificar onde está o conhecimento quando as pessoas dele necessitam.

3.5.1 Sistemas de Gestão do Conhecimento

Em termos gerais, um Sistema de Gestão do Conhecimento deve reunir funcionalidades que suportem a organização numa melhor gestão do seu conhecimento tácito, mas também que ajude os utilizadores a enveredar numa troca de conhecimento contínua e dinâmica. Além disso, deve ainda proporcionar um suporte mais activo e adequado aos utilizadores, tendo em conta a sua competência, a sua função na organização, a sua rede social, ou o seu estilo cognitivo (Nabeth *et al.*, 2002). Esta abordagem é operacionalizada proporcionando mecanismos que suportem processos

sociais (construção da confiança, formação do grupo e coordenação); usando agentes de software proactivos para aumentar o nível de interactividade e estimular a troca de conhecimento; personalizando tanto quanto possível a interacção (na selecção e na apresentação do conteúdo), de forma a maximizar o impacto do conhecimento distribuído.

Atendendo a que a Gestão do Conhecimento tem sido caracterizada em termos de 3 processos básicos (Fischer e Ostwald, 2001): (1) geração e aquisição; (2) integração, organização e armazenamento; (3) partilha e comunicação do conhecimento, os procedimentos para executar estes processos têm estado envolvidos nas seguintes práticas (Preece e Maloney-Krichmar, 2003):

- Sistemas de gestão de documentos;
- Sistemas de fóruns de discussão, para promover disseminação de conhecimento entre comunidades (de projecto, de prática ou de interesse);
- Sistemas de gestão de capacidades, para permitir aos gestores identificarem capacidades relevantes dando tarefas específicas para serem executadas;
- Bases de conhecimento (“lições aprendidas”), para permitir aos trabalhadores recuperarem casos anteriores similares.

Assim, para:

- Codificação do conhecimento explícito - existem várias normas e diferentes tipos de repositórios de conteúdo, na forma de sistemas de bases de dados, que podem ser usados para armazenar informação.
- Extracção de informação - os sistemas de bases de dados podem conter módulos que permitem a recuperação de sub-conjuntos de informação, baseado em parâmetros específicos.
- Transferência do conhecimento explícito - são necessários mecanismos para ligar os elementos organizacionais, podendo ser feito através de tecnologia de comunicação, como a Internet, *intranets*, *extranets* e VPNs.
- Facilitação da compreensão mútua do conhecimento explícito - são necessárias normas e protocolos, de modo que os elementos organizacionais dispares possam relacionar a sua informação individual num modo coerente.

Muitos dos Sistemas de Gestão do Conhecimento (SGC) contemporâneos têm uma história na área da tecnologia, como sistemas baseados em conhecimento ou sistemas baseados em conhecimento inteligentes. Tais sistemas foram muito discutidos na literatura dos anos 80, e têm-se tornado numa ferramenta aceite nos pacotes de ferramentas dos SI. A melhor forma para definir os SGC é contrapô-los aos Sistemas de Gestão de Bases de Dados (SGBD). As bases de dados relacionais armazenam factos acerca das propriedades dos objectos nalgum domínio, e alguma

informação primitiva acerca dos relacionamentos entre os objectos. No entanto, os factos que podem ser referidos apresentarem-se em 5 formas principais, muitos dos quais não podem ser tratados convenientemente numa base de dados relacional (Beynon-Davies, 2002). Assim:

- ISA (Is A) – relacionamentos entre objectos e classes de objectos.
- AKO (A Kind Of) – relacionamentos entre classes e outras classes de objectos mais gerais.
- Associação – relacionamentos entre classes de objectos que não envolvem questões de generalização.
- Atribuição – relacionamentos HASA (Has A) entre um objecto e uma propriedade ou atributo.
- Agregação – relacionamentos Part Of compõem um objecto fora de uma montagem de outros objectos.

A Base de Conhecimento consiste num repositório para conhecimento. Na sua forma básica representará a informação usando as relações estabelecidas acima. Na forma mais sofisticada utilizará regras (inferência) para geração de novo conhecimento a partir do conhecimento existente.

Do referido, podem-se identificar duas utilizações principais dos Sistemas e Tecnologias de Informação (STI) e dos Sistemas de Gestão do Conhecimento (SGC) nas Redes de Empresas (Carlsson, 2003). A citar:

- Suporte geral na Capacidade Absortiva (CA) da empresa, isto é, usar STI e SGCs para identificar, e adquirir informação e conhecimento externo; e processar, analisar e interpretar esta informação e conhecimento (por exemplo, técnicas de *datamining* para descoberta de conhecimento em bases de dados);
- Suporte (recurso ou capacidade) num processo de conhecimento específico, de modo que o resultado do processo conduza a vantagem competitiva da empresa (por exemplo, usar a Internet num processo de desenvolvimento do produto, para obter opiniões de clientes acerca das características dos produtos).

O uso de STI e SGCs nos diferentes tipos de REs tem como objectivos principais, facilitar o acesso através de portais, uma maior mobilidade, e permitir uma infra-estrutura e arquitectura para os SGC baseados em rede. Cada vez mais se verificará que as redes baseadas em STI serão portais (Vering *et al.*, 2001) – no caso da gestão do conhecimento, “Portais de Conhecimento” (Mack *et al.*, 2001; Tsui, 2003). Portais de Conhecimento são espaços de conhecimento digitais que têm sido desenhados para proporcionar um ponto de acesso único a aplicações, informação e serviços, internos e externos, para os trabalhadores de conhecimento, parceiros, clientes, fornecedores, e outras pessoas/organizações com a qual a organização esteja a cooperar. É um ponto de entrada

3.6 DISCUSSÃO

para a informação, aplicações e serviços disponíveis, principalmente na web. O uso de um Portal de Conhecimento tornará mais fácil desenvolver e alterar redes, por exemplo, adicionar/apagar participantes, informação, aplicações, e serviços.

Os Portais de Conhecimento (PC) parecem facilitar a comunicação, colaboração e coordenação de actividades através da organização - facilitando e proporcionando acesso a informação estruturada através de um espaço de trabalho organizacional comum. Vários são os autores que realçam a importância dos PCs como formas de consolidar, gerir, analisar e distribuir informação dentro e fora de uma empresa. Detlor (2000) identifica 3 componentes principais deste espaço de partilha da informação, como sejam:

- Espaço de conteúdo (facilita o acesso e recuperação de informação);
- Espaço de comunicação (proporciona canais para conversações e interpretações colectivas);
- Espaço de coordenação (suporta a acção de trabalho cooperativo).

Podemos então concluir que os Portais de Conhecimento (PC) têm sido considerados como a principal infra-estrutura tecnológica de suporte à Gestão do Conhecimento. De facto, quando comparados com as outras tecnologias, os portais são soluções mais completas. Os PCs permitem através de uma interface simples, uniforme e única, não só aceder a diversas fontes de conhecimento, tais como documentos, bases de dados e aplicações, mas também interagir com outras pessoas (Chaudhry e Chye, 2003).

3.6 Discussão

Como se explicitou nas secções anteriores, são vários os autores (Dyer e Nobeoka (2000), Liu e Brookfield (2000), Powell *et al.* (1996), Von Hippel (1988), Kale *et al.* (2001), Miles *et al.* (2000), Richter (2000) ou Wynstra *et al.* (2001), para citar alguns) que comungam da opinião que a Gestão do Conhecimento tem de focar-se cada vez mais em rede, se as organizações que fazem utilização intensiva do conhecimento quiserem ganhar e sustentar a vantagem competitiva.

Assim, para que as empresas possam responder a esta nova forma de organização de um modo eficiente e dinâmico, mais do que permitir a acumulação e acesso a grandes quantidades de informação e conhecimento, a Gestão do Conhecimento deverá estar relacionada com formas eficientes de selecção, partilha e comunicação do conhecimento relevante. Para fazer face a esta necessidade, é imperativo que a Gestão do Conhecimento seja apoiada por uma metodologia adequada que suporte os processos de aquisição, criação, codificação, armazenamento, transferência, partilha e comunicação do conhecimento em rede. Deste ponto de vista, a Gestão do

Conhecimento pode ser explicada como a gestão da envolvente organizacional, centrada no processo de fazer o conhecimento fluir por todas as diferentes fases do ciclo de vida de uma Rede de Empresas (Borghoff e Pareschi, 1997).

Além disso, tratando-se de uma situação de *Breeding Environment*, suportada numa política de “cultivo” dos relacionamentos (confiança), que são a base para os processos de criação de conhecimento, temos também que ter em conta os efeitos de transformação que as tecnologias de informação e comunicação podem ter, especialmente no que concerne à forma e intensidade da comunicação, cooperação e coordenação.

Assim, entende-se que para estruturação, acesso e manutenção de grandes quantidades de informação heterogéneas, como é o caso de organização em Redes de Empresas, são necessárias descrições de meta-nível apropriadas que especifiquem a estrutura, o conteúdo, e o potencial de utilização do conhecimento. Tais descrições são proporcionadas para os dados na forma de meta-modelos, para o conhecimento formal como ontologias, e para os documentos informais como descrições do documento. Assim, o objectivo de utilização de ontologias tem normalmente duas vertentes. Por um lado, referindo-se às ontologias modeladas, os componentes do sistema são disponibilizados para permitir converter as expressões criadas por um componente num outro componente. Por outro lado, a organização dos conceitos de domínio relevantes, em ontologias adequadas, facilitam o raciocínio acerca desses conceitos (Abecker *et al.*, 2000). Além disso, parece óbvio que a interoperabilidade semântica entre diferentes fontes de conhecimento é necessária nas aplicações de gestão do conhecimento inter-organizacional.

Adicionalmente a outras responsabilidades e expectativas, uma organização que entra numa Rede de Empresas (RE), investe parte do capital de conhecimento através da partilha, e é natural esperar retorno de tal investimento. O processo de formação e dissolução de REs gera novo conhecimento e consolida o existente. Estes processos são a forma pela qual uma organização em rede distribui e recolhe dividendos do conhecimento investido. A Gestão do Conhecimento refere-se ao aproveitamento do capital intelectual e social dos indivíduos, por forma a melhorar as capacidades de Aprendizagem Organizacional, reconhecendo que o conhecimento, e não apenas a informação, são a principal fonte do potencial inovador de uma organização (Castells, 1996; Marshall, 1997).

Verificou-se que existe um corpo significativo de trabalho de investigação tendo em vista a Gestão do Conhecimento em Redes de Empresas (RE). As REs desempenham uma função relevante no processo de transferência de conhecimento, onde os parceiros podem mais facilmente participar na difusão de melhores práticas e experiências. No entanto, existem barreiras ao acesso

3.6 DISCUSSÃO

na partilha do conhecimento, como sejam, a falta de uma linguagem legítima que todos os membros do grupo compreendam, o registo de falhas e hábitos que os membros do grupo partilham, os procedimentos formais e paradigmas de cada empresa, as competências altamente reconhecidas, a distância, ou mesmo as preferências por um modo de comunicação particular.

As Redes de Empresas (RE), e em particular as Empresas Virtuais (EV), tornam-se assim cada vez mais importantes nos cenários de negócio, principalmente devido à descentralização e globalização. Numa perspectiva de:

- Gestão, as contribuições mais relevantes focam-se em estudos empíricos para determinar como é que os factores organizacionais (económicos, sociais, sistémicos) influenciam a eficácia da Gestão do Conhecimento, com vista a um melhor desempenho das Redes de Empresas e dos seus membros.
- Tecnologia, algum do trabalho relevante tem sido desenvolvido na aplicação de ontologias como uma infra-estrutura semântica para partilha do conhecimento entre os membros das Redes de Empresas. Particularmente, o trabalho na integração e mapeamento de ontologias heterogêneas e distribuídas (Maedche *et al.*, 2003a) parece ser promissor, dado estar mais em linha com o grau de autonomia das organizações que participam em Redes de Empresas, e particularmente, em Empresas Virtuais (este assunto é desenvolvido no capítulo 4). No entanto, da análise da literatura específica, constatou-se que não existe um trabalho de investigação relevante que suporte explicitamente a formação e dissolução de Empresas Virtuais, nomeadamente, na emergência, evolução, consolidação, acesso e dissolução de conhecimento específico e relevante.

A ideia defendida por alguns autores, nomeadamente, por Hansen *et al.* (1999) de que o conceito central na Gestão do Conhecimento baseada em codificação é a reutilização do conhecimento, e a crença que a reutilização é melhor conseguida através do armazenamento e recuperação do conhecimento, de forma a tornar-se independente das suas origens, mostra-se da maior relevância, do nosso ponto de vista, num contexto de Redes de Empresas e Empresas Virtuais. Segundo Hansen *et al.* (1999), a solução para isto está na construção de uma biblioteca de conhecimento, cuja função de coordenação do conhecimento permita identificar as necessidades do utilizador e guiá-lo na procura do conhecimento necessário. Cada peça de conhecimento relevante pode ser armazenada nesta biblioteca, independentemente da sua origem. As ontologias constituem a ferramenta conceptual mais adequada para construir estas bibliotecas de conhecimento, funcionando como um sistema de indexação para a biblioteca. A argumentação destes autores e de outros, conforme se verificará no capítulo 5, sustentam a decisão de modelação de um sistema de

biblioteca de ontologias para apoiar a gestão da informação e do conhecimento, criado no âmbito de Empresas Virtuais num contexto de *Virtual Breeding Environment*.

Conforme também referido nas secções anteriores deste capítulo, Silva e Agustí-Cullel (2003), baseado nas propostas estratégicas de Hansen *et al.* (1999), defenderam uma abordagem que consideram complementar à abordagem de engenharia ontológica de Fensel e van Harmelen (1999). Assenta em mapas de conhecimento (Davenport e Prusak, 1998; Liebowitz, 1999) como apontadores para onde está o conhecimento, sem representar o próprio conhecimento, isto é, ajudam a identificar onde está o conhecimento quando as pessoas dele necessitam. Esta poderia ser outra alternativa à abordagem seguida neste trabalho. No capítulo 4 é apresentado um exemplo de uma aplicação de um portal semântico que espelha esta solução.

Ainda, convém salientar uma vez mais a relevância dos relacionamentos sociais em Redes de Empresas. A premissa é que estes têm maior probabilidade de serem formados quando os actores podem assentar em redes sociais densas e espacialmente restritas. Isto também caracteriza os “*Virtual Breeding Environments*” (VBE) definidos. É portanto muito importante que as empresas, e no caso particular, as PME se reconheçam um ambiente organizacional de confiança, onde a formação e dissolução de uma Rede de Empresas (ou uma Empresa Virtual) possa ser ágil, ultrapassando longas negociações e definições contratuais. No entanto, para apoiar a formação e dissolução de Empresas Virtuais dentro de um VBE, é necessário um nível de conhecimento que vise a criação de dinâmicas baseadas em comunidade, mais do que em dinâmicas baseadas na negociação e na transacção.

Em suma, um Sistema de Gestão do Conhecimento deve reunir funcionalidades que suportem a organização numa melhor gestão do seu conhecimento tácito, mas também que ajude os utilizadores a enveredar numa troca de conhecimento contínua e dinâmica. Além disso, deve ainda proporcionar um suporte mais activo e adequado aos utilizadores, tendo em conta a sua competência, a sua função na organização, a sua rede social, ou o seu estilo cognitivo (Nabeth *et al.*, 2002). Esta abordagem é operacionalizada proporcionando mecanismos que suportem processos sociais (construção da confiança, formação do grupo e coordenação); usando agentes de software e tecnologia de ontologias para aumentar o nível de interactividade e estimular a troca de conhecimento, ao mesmo tempo que permite a sua codificação e armazenamento; personalizando, tanto quanto possível, a interacção (na selecção e na apresentação do conteúdo), de forma a maximizar o impacto do conhecimento distribuído.

ENGENHARIA DE ONTOLOGIAS

Neste capítulo começa-se por fazer uma introdução ao conceito de ontologia, apresentando-se algumas definições mais difundidas. Abordam-se as necessidades actuais em termos de gestão do conhecimento, a nível tecnológico, mas também social. Seguidamente, apresenta-se ainda um estudo sobre as principais áreas de aplicação da tecnologia de ontologias. Faz-se depois uma abordagem ao processo de gestão do conhecimento usando ontologias, para a qual se descrevem as principais linguagens, metodologias e ferramentas mais utilizadas. Finalmente, apresentam-se algumas questões relativamente à problemática de gestão de múltiplas ontologias e da sua consequente evolução.

4.1 Introdução

No passado, a tecnologia para Gestão do Conhecimento focou-se na gestão de bases de conhecimento usando, principalmente, documentos de texto, e repositórios e fontes de conhecimento. No futuro, a tecnologia de web semântica, especialmente ontologias (desenvolvidas na inteligência artificial para facilitar a partilha e reutilização do conhecimento) e metadados relacionais processáveis pela máquina, facilitarão as soluções de Gestão do Conhecimento. As ontologias definem uma conceptualização de um domínio de aplicação partilhada por um grupo de actores e proporcionam a base para a definição de metadados, com uma semântica bem definida e processável pela máquina. As ontologias dão-nos assim, a possibilidade para nos movimentarmos de uma visão orientada ao documento para uma visão orientada ao conteúdo, onde os itens do conhecimento são interligados, combinados e usados. As falhas dos Sistemas de Gestão do

4.1 INTRODUÇÃO

Conhecimento tradicionais, tais como, pesquisa de informação, extracção de informação, manutenção e geração automática de documentos, são colmatadas com as tecnologias de ontologias ao permitirem definições estruturais e semânticas de documentos, proporcionando pesquisa inteligente em vez de ligação por palavra-chave¹; resposta a consultas em vez de recuperação de informação; troca de documentos entre departamentos via folhas de estilo; definição de vistas nos documentos, etc. (Fensel, 2004).

Existem diversas definições para o conceito de ontologia. Neste capítulo, começamos por apresentar as que nos pareceram mais relevantes. Assim, definições para “ontologia” são:

- “*Especificação formal, explícita de uma conceptualização partilhada*” (Gruber, 1993). Especificação formal, refere-se ao facto de uma ontologia poder ser lida pela máquina. Explícita, significa que são usados conceitos e que as restrições no seu uso são explicitamente definidas. Conceptualização, diz-se de um modelo abstracto de algum fenómeno no mundo, sendo identificados os conceitos relevantes do fenómeno. Partilhada, reflecte a noção de que uma ontologia captura conhecimento consensual, isto é, que não é privado de um indivíduo, mas sim aceite por um grupo.
- “*Compreensão partilhada e comum de algum domínio, que pode ser comunicada através de pessoas e computadores*” (Gruber, 1995; Guarino *et al.*, 1995; Heijst *et al.*, 1997; Uschold e Gruninger, 1996).
- Define um vocabulário comum para os investigadores que necessitam de partilhar informação num domínio. Inclui definições, interpretáveis pela máquina, de conceitos básicos num domínio e relações entre eles (Noy e McGuinness, 2001; Noy e Musen, 2004a).
- “*Especificação explícita de um tópico*”. É uma representação declarativa e formal que inclui o vocabulário (ou nomes) para referência aos termos numa determinada área e as descrições lógicas que descrevem o que os termos são, como é que estão relacionados uns com os outros, e como é que podem ou não ser relacionados uns com os outros. As ontologias proporcionam, assim, um vocabulário para representação e comunicação do conhecimento acerca de algum tópico, e o conjunto de relacionamentos que possuem entre os termos nesse vocabulário (Borst *et al.*, 1997).
- “*São metadados estruturados e relacionados (pode partir de mapas conceptuais)*” (Gómez-Gauchía *et al.*, 2004).

¹ As abordagens de pesquisa baseada em palavra-chave não permitem apresentar a informação recolhida de localizações distribuídas em modo coerente aos utilizadores, dado que não existe conhecimento de como a informação recuperada se relaciona uma com a outra.

Em suma, uma ontologia descreve a matéria em assunto usando noções de conceitos, relações, instâncias, funções, e axiomas.

A comunidade de ontologias distingue ontologias que são principalmente uma taxonomia, de ontologias que modelam o domínio de uma maneira mais profunda fornecendo mais restrições sobre a semântica do domínio:

- **Lightweight** - incluem conceitos, taxonomias dos conceitos, relacionamentos entre conceitos e propriedades que descrevem.
- **Heavyweight** - adicionam axiomas e restrições para as ontologias *lightweight*.

A ciência da informação tem-se focado nos documentos, como unidades principais da informação. Aos conteúdos dos documentos tem sido dado significado individualmente, pelo menos a nível superficial. No entanto, significados mais profundos requerem interpretação em relação à interligação dos documentos, bem como ao contexto social e cultural. Actualmente, os documentos tendem a estar mais densamente interligados, referindo-se ou relacionando-se uns com os outros de múltiplas formas. Além disso, são continuamente criados e revistos. Documentos podem mesmo ser activos, com código de software (por exemplo, agentes de software) que exhibe um comportamento dinâmico ou auto-activo. No campo dos sistemas de informação, dado que a informação pode mudar rápida e frequentemente, uma gestão da informação dinâmica tem sido fundamental. Os itens de informação necessitam assim, normalmente, de ser interpretados em relação a outros (por exemplo, um bilhete para Londres não faz sentido sem se saber o dia e hora da partida, destino, companhia aérea, etc.). Estes relacionamentos necessitam de ser formalmente definidos, de modo que a rede de informação ligada possa ser navegada e operada de forma rápida e eficaz (Jurisica *et al.*, 2004).

No caso dos Sistemas de Informação (SI) para Gestão do Conhecimento (GC), têm ainda que ser feitas mudanças consideráveis. Talvez a mais importante, seja o desenvolvimento de técnicas para explorar significados para produzir computacionalmente resultados úteis. A inteligência artificial tem desenvolvido técnicas para representação do conhecimento, em formas que podem ser exploradas por procedimentos computacionais e heurísticos. Nos SI baseados em computador, o significado da informação é usualmente capturado em termos de modelos de informação conceptual, que oferecem termos semânticos para modelação de aplicações e estruturação de informação. Esses modelos constroem-se a partir de conceitos primitivos, como entidade, actividade, agente, e objectivo. Suportam mecanismos para organização da informação, ao longo de dimensões de abstracção genéricas, tais como, generalização, agregação e classificação.

4.1 INTRODUÇÃO

Assim, definir termos e mecanismos para modelação da informação e organização em modelos conceptuais, requer considerações acerca das aplicações a serem modeladas. A identificação dos conceitos correctos para modelação do mundo para a qual gostaríamos de gerir o conhecimento, tem-se tornado conhecida como “ontologia” pela ciência da computação, como já foi referido na secção anterior.

Na sua essência, “ontologia” é um ramo da filosofia relacionada com o estudo do que existe. Na ciência computacional, as ontologias surgem em diferentes formas: léxicos, dicionários e sinónimos, ou teorias de lógica de primeira ordem:

- Léxicos - proporcionam um dicionário normalizado de termos para usar, por exemplo, durante a indexação ou recuperação.
- Dicionários e sinónimos - podem ser organizados de acordo com relações específicas para formar hierarquias (taxonomias, meronomias, etc.). Sinónimos, adiciona termos relacionados a qualquer termo dado.

Em qualquer destes casos, as ontologias são úteis por encorajarem a normalização dos termos usados para representação do conhecimento, acerca de um domínio. Quando as ontologias são formalizadas em lógica de primeira ordem, podem suportar mecanismos de inferência. Para um dado conjunto de factos, esses mecanismos podem ser usados para derivar novos factos ou verificar a consistência. Importa também salientar, que proporcionando uma ontologia uma conceptualização explícita (isto é, meta informação) que descreve as semânticas dos dados, difere na sua natureza dos esquemas de bases de dados. Difere por a linguagem para a sua definição ser sintaticamente e semanticamente mais rica; por a informação que é descrita por uma ontologia consistir de textos de linguagem natural semi-estruturada e não de informação tabular; por a terminologia usada ser partilhada e consensual e também por proporcionar uma teoria de domínio e não uma estrutura de conteúdo de dados (Noy e Klein, 2004; Fensel, 2004). Em suma, podemos dizer que as ontologias são tanto um pré-requisito para consenso e partilha de informação, como são resultado desse consenso e partilha. Consequentemente, o desenvolvimento de ontologias compreende um processo, mais do que um modelo estático.

Dado que muito do conhecimento vital das empresas reside nas cabeças das pessoas, uma Gestão de Conhecimento (GC) efectiva deve considerar aspectos sociais, além de técnicos. Como já referido nos capítulos anteriores, o conhecimento pode ser de diferentes tipos: tácito, implícito, explícito. Da mesma forma, o termo GC pode referir-se a várias coisas, como memórias corporativas, sistemas periciais, sistemas de gestão de documentos, aprendizagem organizacional. Em síntese, o processo de GC envolve além da obtenção do conhecimento, organização e estruturação deste. Isto implica a imposição de uma estrutura no conhecimento adquirido de forma

a geri-lo, mantê-lo (correção, actualização, adição, eliminação, etc.) e distribuí-lo adequada e efectivamente, aos profissionais que dele necessitam. Assim, e em termos tecnológicos, são necessárias ferramentas dedicadas para suportar as tarefas envolvidas, nomeadamente (Benjamins *et al.*, 1998):

- Construir e manter as ontologias;
- Anotação das fontes de informação;
- Consultar as ontologias;
- Actualizar o conhecimento, quer ao nível das instâncias, quer ao nível das classes e propriedades na ontologia;
- Gestão das alterações às ontologias.

Para caracterizar e classificar o trabalho actual em ontologias, Jurisica *et al.* (2004) propõem quatro categorias ontológicas, que estão relacionadas com aspectos estáticos, dinâmicos, intencionais e sociais do mundo. Referem que para uma classe alargada de aplicações, a representação do conhecimento relevante pode ser baseada em conceitos primitivos derivados destas categorias. Esta classificação dos conceitos ontológicos em quatro categorias, deriva de um estudo de técnicas de modelação em ciências da computação. Assim, segundo Jurisica *et al.* (2004), há ontologias:

- Estáticas - Descrevem as coisas que existem, os seus atributos e relacionamentos. Para certas aplicações, é útil distinguir entre diferentes modos de existência para as entidades (física, abstracta, etc.).
- Dinâmicas - Descrevem o mundo em termos de estados, transições de estado e relacionamentos. Descrevem aspectos que estão em mudança no mundo. Conceitos primitivos típicos incluem: estado, transição de estado e processo. Em algumas aplicações (processos/tarefas), decisões num estado particular dependem de resultados em estados anteriores.
- Intencionais - Descrevem o mundo dos agentes, coisas em que os agentes acreditam, querem, aprovam ou desaprovam, e argumentam. Compreendem o mundo de motivações, intenções, objectivos, crenças, alternativas, escolhas, etc. Conceitos primitivos típicos, incluem: questão, objectivo, suporte, recusa, sub-objectivo, agente, etc.
- Sociais - Descrevem definições sociais, estruturas organizacionais permanentes, ou mudanças em redes de alianças e inter-dependências. Conceitos típicos são: actor, posição, função, autoridade, responsabilidade, etc. Usando estes conceitos, podemos criar modelos que permitirão a análise de uma definição organizacional, que é uma etapa

4.1 INTRODUÇÃO

importante no redesenho dos processos de negócio e subsequente desenvolvimento dos SI. Raciocínio acerca dos relacionamentos de inter-dependência entre actores estratégicos é também importante para modelação e análise empresarial.

Embora em determinadas áreas, as questões sociais possam ser muito complexas, a adopção de uma ontologia social adequada pode proporcionar assistência na organização e detecção de muitas questões, e suportar a análise e argumentação. No contexto social, a exploração e consideração de alternativas necessita de ser feita do ponto de vista de cada uma das partes interessadas. As suas escolhas e raciocínio podem influenciá-las entre si. O uso de uma ontologia social, ajuda na identificação do conjunto adequado de questões a endereçar.

As ontologias não são muitas vezes acerca de um mundo objectivo, mas são baseadas em convenções sociais e acordos. Conceitos, significados e interpretações são relativos a alguma comunidade, e podem mudar ao longo do tempo. As barreiras da comunidade e das entidades podem também ser dinâmicas. A chave para proporcionar um suporte útil para a Gestão do Conhecimento, está em como os significados são embebidos nos modelos de informação e definidos em termos de ontologias.

Vejamos o caso particular da formação de Empresas Virtuais (EV), a partir de uma Rede de Empresas (RE). A integração de novos parceiros numa tal rede é na prática uma tarefa difícil e que consome tempo. A teoria dos custos de transacção manifesta este facto, argumentando a necessidade de reduzir esforços na procura, selecção, negociação e integração dos parceiros do negócio correctos. Estas actividades podem também ser adequadamente suportadas pela tecnologia de ontologias, como melhor se perceberá através dos exemplos de aplicação apresentados na secção 4.2.

A par da importante tarefa de integrar os novos parceiros na rede existente, há necessidade de manter e suportar a formação das Empresas Virtuais. Por exemplo, Franke (2000) ou Weib e Maedche (2003) têm desenvolvido contribuições relevantes neste contexto. Nomeadamente, em Weib e Maedche (2003) é apresentada uma metodologia (ODAMY) baseada em ontologia para integração e selecção de parceiros de negócio. Implementa uma funcionalidade, que suporta um certo grau de automação da selecção dos parceiros de negócio e da formação do grupo.

A metodologia ODAMY foi desenvolvida para Gestão dos Relacionamentos das Parcerias (PRM). São definidos os critérios e as dimensões para descrever a tipologia da rede de negócio, e a ligação entre os parceiros é modelada usando OI-Modeler (ontologia referência). A metodologia de PRM, baseada em ontologia, distingue (Weib e Maedche, 2003):

- Aquisição do conhecimento - as descrições da empresa (por exemplo, competências, valores financeiros, tecnologias usadas, etc.) são armazenadas como instâncias. O perfil resultante da empresa é legível e compreensível pela máquina.
- Interação com o utilizador final - para esta aplicação, a interface web é desenhada oferecendo funcionalidades de consulta e ordenação. O utilizador é capaz de explorar a ontologia referência, bem como, enviar consultas para pesquisar informação acerca das parcerias do negócio (por exemplo, parceiros ou competências).
- Análise - este pacote inclui 2 aspectos: (1) métodos formais e técnicas para analisar e, continuamente, melhorar a ontologia referência (principalmente baseado em técnicas de *datamining*) e (2) suporte na gestão da qualidade dos parceiros de negócio registados, permitindo, caso se verifique necessário, a integração de novos parceiros com novas competências.

4.2 Utilização de Ontologias na Gestão do Conhecimento

A aplicação de engenharia de ontologias verifica-se actualmente nas mais diversas áreas. Aqui, de forma a estruturar a apresentação do estado-da-arte nesta matéria, distinguem-se as seguintes áreas de aplicação:

- Gestão do conhecimento e memórias corporativas - As ontologias permitem a integração de recursos de informação heterogéneos, distribuídos e semi-estruturados. As ontologias suportam a memória organizacional de uma empresa, permitindo às suas diferentes áreas interoperarem, com um vocabulário comum e regras pré-definidas.
- Comércio electrónico - Relacionamentos de negócio entre entidades comerciais (B2B – *Business-to-Business*). As aplicações de ontologias centram-se na categorização de produtos em catálogos e serviços (incluindo *web services*); produção de classificações de páginas amarelas das empresas; identificação de países, regiões e moedas; identificação de organizações, pessoas e entidades legais; identificação de produtos e pacotes de produtos; identificação de transportadoras, tipo, localização, rotas e conteúdos; classificação de resultados estatísticos industriais. O UNSPSC (*United Nations Standard of Products and Services Code*) contém uma taxonomia que organiza produtos e serviços, para facilitar as transacções entre sítios web B2B que concordam com o vocabulário ali definido (compromisso ontológico).
- Recuperação da informação - As tarefas relacionadas são:
 - Gestão de conteúdos: categorização e indexação de documentos e outras fontes de dados;

- Expansão da consulta: expansão do pedido do utilizador, de modo a melhor compreender o contexto e desenvolver assim resultados mais relevantes;
- Apresentação/agregação de conteúdos: refere-se à apresentação do conteúdo, e cobre a recolha e integração de conteúdos de várias fontes e a criação de interfaces intuitivas; está também relacionada com as questões de qualidade (por exemplo, possibilidade de respostas diferentes para o mesmo pedido).
- Portais Web - Têm como objectivo entrelaçar peças de informação numa apresentação coerente, adequada para partilhar conhecimento com o utilizador. O suporte através de ontologias, aparece como uma forma adequada para facilitar a estruturação do conhecimento suportada por ferramentas. A ontologia representa formalmente o conhecimento e os interesses comuns que as pessoas partilham dentro da sua comunidade (Staab *et al.*, 2000).

Seguidamente, apresentam-se alguns exemplos de trabalhos e projectos de investigação em cada uma das áreas referidas.

4.2.1 Gestão do Conhecimento e Memórias Corporativas

Em Léger (2002) são apresentadas algumas linhas de orientação para a engenharia de ontologias, no âmbito da construção e gestão de memórias corporativas. Assim, salienta-se:

- Para cada tipo de documento a integrar na memória, escolher um DTD (*Document Type Declaration*) indicando o modelo a ser respeitado (por exemplo, um DTD para a definição de documentos de negócio estruturados, outro para formulários de experiência, outro para formulários de projecto, etc.). Os autores dos documentos podem criar os seus próprios documentos XML (*eXtensible Markup Language*), respeitando o DTD adoptado para o tipo de documento considerado.
- Podem ser definidas várias XSLT (*Extensible Stylesheet Language Transformations*) de forma a ter diferentes apresentações dos documentos, de acordo com os utilizadores considerados.
- Xlink pode ser explorado para definir ligações de hipertexto do exterior do documento, sem tocar no documento. Isto permitirá ter várias anotações de acordo com diferentes pontos de vista, no mesmo documento. Estas anotações hipertextuais podem, assim, depender dos utilizadores e do contexto. Isto permitirá ter em conta diferenças entre as profissões e actividades dos utilizadores, dentro da empresa.
- Os membros da empresa podem concordar numa ontologia e representá-la numa base de conhecimento apropriada. De acordo com as fontes de informação disponíveis

(pessoas, documentos, bases de dados estruturadas e semi-estruturadas) e de acordo com o grau de detalhe, largura e profundidade dessa ontologia, vários métodos e técnicas podem ser usados para a construir.

- Uma vez que a ontologia esteja definida, pode usar-se o vocabulário conceptual da ontologia, de forma a escrever o meta-modelo semântico acerca dos documentos da memória. De notar que se essas anotações semânticas são descritas em ficheiros separados dos documentos a serem anotados. Isto permitirá manter os documentos legados da corporação na sua presente forma (isto é, sem necessidade de transformá-los em documentos XML), e recuperá-los através dos seus meta-modelos semânticos armazenados separadamente. No caso de necessidade, pode usar-se ferramentas NPL (*Natural Language Processing*), de forma a automatizar, pelo menos parcialmente, o processo de anotação.
- Na empresa, pode ser necessário distinguir diversas comunidades, de acordo com as diferentes profissões dentro da organização (isto é, serviços administrativos, serviços financeiros, centros de engenharia, desenhistas, etc.). Neste caso, pode-se construir uma ontologia diferente para cada comunidade; cada documento pode então ter diferentes contextos de anotação, correspondendo a diferentes comunidades. Outra possibilidade é construir uma ontologia de multi-terminologias, organizada em vários pontos de vista.

De realçar que as memórias podem também permitir o acesso a informação não via documentos, mas sim via pessoas. Neste caso, os componentes da memória serão os especialistas, as ontologias e as anotações acerca desses especialistas, usando o vocabulário conceptual das ontologias. Esta abordagem visa automatizar o contacto com especialistas que podem suportar uma pessoa ou um grupo, e favorecer a emergência das comunidades de interesse.

Alguns exemplos de trabalhos ou projectos de investigação desenvolvidos nesta área de aplicação, são:

CoMMA (*Corporate Memory Management through Agents*) (Gandon *et al.*, 2002) - Investiga tecnologias agente para a manutenção de sistemas de gestão do conhecimento baseados em ontologias. Implementação de um quadro conceptual de gestão de memória corporativa baseada na tecnologia agente, que facilita a captura, armazenamento e difusão de conhecimento existente em diferentes formatos e formas, para facilitar a inserção de novos empregados numa organização e a disseminação de ideias inovadoras entre os empregados, particularmente, em actividades de monitorização tecnológica. As tecnologias usadas são: sistemas multi-agente, formatos XML e RDF, e técnicas de aprendizagem-máquina.

FRODO (*Framework for Distributed Organizational Memories*)¹ (Elst *et al.*, 2004) - Usa ontologias para descrição do conhecimento em memórias organizacionais. De forma a reter os benefícios das ontologias de domínio, propõe-se controlar explicitamente o âmbito de partilha do conhecimento ontológico. Com esta finalidade, são introduzidas ontologias de sociedade, que são principalmente definidas pelos direitos e obrigações dos seus membros. A arquitectura para Memórias Organizacionais Distribuídas é baseada nestas ontologias.

SAMOVAR (*Systems Analysis of Modeling and Validation of Renault Automobiles*) (Golebiowska *et al.*, 2001) - Visa preservar a memória dos problemas encontrados durante o projecto de desenho de um automóvel, de forma a reutilizá-la em novos projectos. Assenta, portanto, (1) na construção semi-automática de ontologias usando uma ferramenta linguística, num corpus textual; (2) em anotações semânticas da descrição dos problemas relativamente a essas ontologias; (3) na formalização de ontologias e anotações em RDF; e (4) na integração de um motor de pesquisa semântico CORESE, que permite uma pesquisa guiada à ontologia com base nas descrições dos problemas.

4.2.2 Comércio Electrónico

Um modelo de negócio pode ser definido como uma representação formalizada e compreensível de uma empresa e dos seus parceiros (*Business-to-Business* e *Business-to-Consumer*), para criação, marketing e distribuição de valor e capital relacionado com um ou vários segmentos de clientes, por forma a gerar um fluxo de retorno lucrativo e sustentável.

Em Fensel (2004) distinguem-se três tipos de abordagens para melhorar as interfaces. A citar:

- Agentes de pesquisa de informação inteligentes (isto é, agentes de loja) que ajudam os clientes a encontrarem os produtos;
- Fornecedores de informação inteligentes (isto é, armazéns on-line) que ajudam os vendedores a apresentarem os seus bens de uma forma apropriada;
- Mediadores de informação inteligentes (isto é, *marketplaces* on-line) que fazem a mediação entre compradores e vendedores.

Actualmente, a mistura de linguagem natural, imagens e formato HTML é a principal barreira para a automatização do comércio electrónico, devido às semânticas de informação serem apenas compreendidas pelos seres humanos, impedindo assim um real processamento automático desta informação e, conseqüentemente, limitação das vantagens do comércio electrónico. XML melhora significativamente a situação, ao permitir pesquisa de informação directa e troca de dados

¹ <http://www.dfki.uni-kl.de/frodo>

estruturados (por exemplo, entre bases de dados). Mas, XML apenas proporciona uma sintaxe normalizada para troca de dados. A definição da estrutura e semânticas (isto é, o vocabulário e o seu significado) é um requisito adicional, que só pode ser atingido com as ontologias. O mesmo se passa com a norma usada nas transacções, EDIFACT (*Electronic Data Interchange for Administration, Commerce and Transport*). O uso da infra-estrutura da Internet para as trocas comerciais melhorá-la-á, dado que software de navegação padrão pode ser usado para rentabilizar as transacções, e essas podem ser integradas em outros processos de troca de documentos, nos ambientes de intranet e extranet. Aqui, também XML pode dar uma ajuda, apesar de não proporcionar estruturas de dados padronizadas e terminologias para descrever os processos de negócio e produtos trocados. É então que novamente as ontologias desempenham um papel importante.

Assim, torna-se necessário o desenvolvimento de ontologias que cubram as várias áreas de negócio, além de serviços de conversação baseados em ontologias que permitam cobrir diferenças estruturais, semânticas e de linguagem. Ainda, torna-se importante que as ontologias tenham uma arquitectura de rede e sejam dinâmicas, dada a natureza aberta, heterogénea e dinâmica do conteúdo trocado e dos processos que implementam essa troca. As ontologias deverão assim, adequar-se à heterogeneidade no espaço e ao desenvolvimento no tempo.

Alguns exemplos de trabalhos ou projectos de investigação desenvolvidos nesta área de aplicação, são:

ALICE¹ (Carvalho *et al.*, 2001) - Sistema para construir um assistente de loja web, que usa uma variedade de fontes de conhecimento para criar uma experiência de compra personalizada. Pode solicitar características dos clientes, e isto, ajuda-os a escolher os melhores produtos de acordo com as suas características.

CHEMDEX² - Principal fornecedor de soluções de comércio electrónico para a indústria de investigação científica. Permite aos compradores pesquisar produtos de múltiplos fornecedores, rever toda a informação técnica do produto e fazer uma compra informada. Este *marketplace* assenta numa ontologia partilhada de produtos científicos. A ontologia permite que esquemas de classificação de produtos diferentes sejam acomodados numa representação que é aceitável para cada um dos agentes de negócio participantes.

IST-Smart EC (*Support for Mediation And brokering for Electronic Commerce*) (Sygkouna *et al.*, 2002) - Projecto que consistiu na construção de uma plataforma *e-Trade*, no qual o comprador será capaz de comprar um serviço global (o pedido do utilizador requer vários

¹ <http://kmi.open.ac.uk/projects/alice>

² <http://www.chemdex.com>

fornecedores e envolve mais do que um actor) como um único serviço. O serviço global é partido em serviços mais atômicos, de acordo com o conhecimento modelado pelas ontologias. A base da ontologia são relações genéricas/específicas modeladas entre os serviços, o tempo e as restrições de coerência entre os serviços. A base também especifica o comportamento comercial dos serviços, tais como, a necessidade para verificar a disponibilidade on-line.

E-ComDO (*E-Commerce Ontology*) (Malucelli *et al.*, 2005) – A necessidade de regular a interacção de agentes heterogêneos tem conduzido ao conceito de Instituições Electrónicas. Este conceito é particularmente importante quando se trata de aplicar a tecnologia de sistemas multi-agente a cenários do mundo real, tais como, o negócio electrónico, onde a confiança é de interesse principal. Uma das principais funções de uma Instituição Electrónica é suportar a interacção multi-agente dentro de um quadro de coordenação, tornando o estabelecimento dos acordos do negócio mais eficientes. Para atingir este objectivo, são proporcionados um conjunto de serviços institucionais, entre os quais, aqueles devotados à resolução de discrepâncias ontológicas. Foram desenvolvidos serviços ontológicos baseados em agente para suportar a comunidade de sistemas multi-agente *Business-2-Business*. Estes serviços, desenhados para suportar os agentes empresariais na troca de informação, incluem um serviço de correspondência dos termos (*matching*) com vários algoritmos, e um serviço de conversão de unidades. A E-ComDO define um vocabulário de comércio electrónico para trocas comerciais. Este vocabulário, que contém os termos usados no processo de negociação, assegura que todos os agentes interpretem uniformemente a intenção de negociação das mensagens trocadas.

4.2.3 Recuperação de Informação

As abordagens baseadas em ontologias prometem melhorar a qualidade de resposta nos processos de negócio, dado que são a base para transferir para os sistemas computacionais uma parte dos conceitos semânticos, permitindo assim uma melhor recuperação de informação. No entanto, questões como a manutenção, dificuldade de utilização, partilha de conhecimento, e ruído de dados, muitas vezes chocam na integração de uma nova tecnologia na organização.

Em Léger (2002) são dadas algumas linhas de orientação para a construção de ontologias com vista à recuperação de informação, que apresentamos seguidamente:

- Decidir a natureza da aplicação - será usada para descrição e integração de sistemas de informação heterogêneos, melhor recuperação de informação, ou suporte na solução de determinado problema;

- Identificar os utilizadores e envolvê-los desde o início;
- Observar os silos de informação/conhecimento - se existirem silos dentro de uma organização, é provável que exista duplicação de informação, como bases de dados/ontologias (como pode neste caso a aplicação de ontologia ajudar a estabelecer a ponte entre estes silos?);
- Decidir sobre conceitos proprietários ou não proprietários (partes da ontologia) - se a aplicação for de importância estratégica, podem existir partes da ontologia que devam manter-se confidenciais à organização;
- Examinar os sistemas legados - a integração da aplicação de ontologia com os sistemas legados pode envolver, além da camada de comunicações, também as camadas lógicas;
- Decidir acerca de processos de raciocínio - se a ontologia vai ser usada para raciocínio e resolução de problemas, deve-se averiguar e analisar as tecnologias existentes;
- Definir critérios de avaliação e métricas;
- Decidir se cobrir todos os modos de pesquisa - cada modo requer diferentes funções de indexação e ordenação que deverão ser explicitamente codificadas no sistema desde o início;
- Decidir como tratar o ruído de dados (por exemplo, registos de reparação de falhas, etc.);
- Pesquisar as ontologias existentes - esta pesquisa deve ser seriamente feita, principalmente, se a aplicação fizer uso de normas de informação largamente usadas na indústria e se a informação não for considerada de valor estratégico para a organização;
- Observar ferramentas e procedimentos de manutenção da ontologia - facilidade de alteração de definições de conceitos, que versões cobre, que ferramentas suporta;
- Se se optar por usar ontologias externas, verificar quem as mantém - se existem procedimentos de manutenção, se existe um grupo de trabalho que faz a manutenção das ontologias, se existem outros participantes industriais a usar esta ontologia;
- Considerar a integração com outras aplicações cliente/fornecedor - se existem benefícios na integração da aplicação ontológica com clientes ou fornecedores.

Alguns exemplos de trabalhos ou projectos de investigação desenvolvidos nesta área de aplicação, são:

ONTO-LOGGING (*Corporate Ontology Modelling and Management System*) (Maedche *et al.*, 2002)
 - Arquitectura integrada para gestão do conhecimento empresarial, para integração de um sistema de gestão do conhecimento baseado em ontologia. São considerados meios para combinar ontologias distribuídas e heterogéneas usando mapeamentos. Para colmatar as

lacunas entre as diferentes linguagens de implementação e tecnologias, o sistema usa a tecnologia *web service* para realizar esta camada de integração. Tem um editor de perfil que permite suportar a selecção de potenciais conteúdos de interesse para o utilizador. A camada de integração central é realizada no topo de dois outros sistemas: *Document Server* (armazena os documentos e proporciona mecanismos que deixam o utilizador aceder e modificá-los) e *Ontology Server* (os documentos são anotados usando a ontologia de domínio ONTO-LOGGING). O *Ontology Server* baseia-se na ferramenta KAON¹. *Onto-Logging* endereça o problema da formalização da ontologia corporativa e tenta integrar melhor os métodos de definição da ontologia formal com os sistemas de gestão do conhecimento, que visam ser mais adaptáveis às necessidades do utilizador e suportar melhor a troca de conhecimento nas organizações. O projecto também analisa as possibilidades de personalização dos produtos comerciais existentes actualmente, construindo as ferramentas necessárias para criar, manter e reutilizar um meta-repositório de conhecimento colaborativo e o qual permite ao utilizador ter um espaço de informação personalizável.

SARI (*Software Agents for Retrieval of Information*) (Taveter, 1998) - Sistema desenvolvido para actuar como intermediário (agente) entre os utilizadores humanos e as fontes de informação (isto é, aplicações). Inclui os seguintes tipos de agentes: *Application Agents* (representam os utilizadores), *Search Agents* (compilam pedidos dos *Control Agents* na linguagem das suas fontes de informação e devolvem os resultados), *Control Agents* (actuam como intermediários com os outros agentes, tomam as decisões com base na informação do utilizador assente em perfis e nos metadados acerca da informação a ser recuperada assente em ontologias), *Ontology Agents* (contém metadados na forma de ontologias que descrevem a estrutura conceptual da informação presente nas fontes de informação). Existem ainda os *Content Provider Agents* (são organizações ou indivíduos que possuem uma ou mais fontes de informação). As ontologias descrevendo recursos web são especificadas como esquemas e descrições RDF, e podem ser navegadas graficamente no sistema. Os conceitos de diferentes ontologias são ligados uns aos outros, formando uma estrutura ontológica que pode ser vista de diferentes perspectivas. Os objectivos futuros deste sistema passam por tornar a formação de pontes entre os conceitos de diferentes ontologias semi-automáticos, e também a geração semi-automática de metadados RDF dos recursos web.

¹ KAON (*Karlsruhe Ontology and Semantic Web Tool Suite*) é uma infraestrutura de gestão de ontologias de código aberto para aplicações de negócio. Inclui um conjunto de ferramentas que permitem criar e gerir de uma forma fácil ontologias, e proporciona um quadro conceptual para construção de aplicações baseada em ontologias (<http://kaon.semanticweb.org/>).

ARCH (*Adaptive Agent for Retrieval Based on Concept Hierarchies*) (Seig *et al.*, 2004) - Consiste num agente-cliente para assistir os utilizadores na formulação de um pedido de pesquisa efectivo. O agente utiliza uma base de conhecimento semântica organizada hierarquicamente numa forma agregada, bem como um perfil de utilizador aprendido automaticamente, para realçar os pedidos dos utilizadores. O pedido inicial do utilizador é (semi-)automaticamente modificado, baseado na interacção do utilizador com uma embebida, mas modular hierarquia de conceito. O desenho modular do agente permite aos utilizadores comutar entre representações de diferentes hierarquias de domínio específico, dependendo dos objectivos de pesquisa. ARCH aprende passivamente o perfil do utilizador, observando os seus comportamentos de pesquisa. O sistema completo também incorpora mecanismos para categorização e filtragem dos resultados de pesquisa, e para usar essas categorias para executar pesquisas refinadas.

SEMANTIC MINER (Fensel, 2004) - Plataforma de recuperação de conhecimento que combina tecnologias semânticas com abordagens de recuperação convencional. É uma aplicação cliente-servidor. O *Semantic Minner Server* (SMS) é o sistema Ontobroker (Decker *et al.*, 1999) que proporciona a interface para as fontes de dados, bem como coesão de funções lógicas com motor de inferência para recuperar e apresentar conhecimento implícito. ZOPE¹ funciona como um servidor web para proporcionar a interface web do lado do cliente, e como uma aplicação servidor para fazer os pedidos ao SMS. O editor de ontologias OntoEdit (Sure *et al.*, 2002a) proporciona o desenho, adaptação e importação colaborativa de ontologias como modelos de conhecimento a alimentar o SMS. O objectivo principal é proporcionar conteúdos de conhecimento essenciais, em vez de ligações a documentos contendo o conteúdo.

Disciple-COA (Tecuci *et al.*, 2001) - Tecnologia baseada em agentes desenvolvida por *George Mason University Learning Agents Laboratory*, aplicada na avaliação de vários aspectos de comando do exército na decisão de formas de acção (*Courses of Action* – COA). Disciple-COA resulta da evolução do trabalho desenvolvido no âmbito do programa HPKB (*High Performance Knowledge Bases*) para o programa RKF (*Rapid Knowledge Formation*). O objectivo principal do programa HPKB foi produzir a tecnologia necessária, por forma a permitir aos desenvolvedores de sistema construir rapidamente grandes bases de conhecimento que fossem reutilizáveis por múltiplas aplicações, com diversas estratégias de resolução dos problemas, e fossem mantidas em ambientes dinâmicos. Este programa suportou também o

¹ <http://www.zope.org>

desenvolvimento de métodos para extracção de conhecimento de textos em linguagem natural e da *World Wide Web*, e para aquisição de conhecimento de peritos de domínios específicos. No seguimento deste programa, o programa RKF debruçou-se sobre o desenvolvimento de bases de conhecimento, directamente através de peritos de domínio. O objectivo central foi permitir que grupos distribuídos de PME introduzissem e modificassem conhecimento facilmente, sem necessidade de experiência em engenharia do conhecimento. Discipline-COA é o resultado da evolução de uma ferramenta para engenheiros do conhecimento, para uma ferramenta que pode ser usada directamente por PME.

4.2.4 Portais Web

Em Staab *et al.* (2000) é proposta a seguinte metodologia para desenvolvimento e manutenção de Portais Web (ver Figura 4.1):

- **Desenvolvimento**

- Elicitação de requisitos - requisitos acerca de tópicos de interesse no domínio são recolhidos, os objectivos de informação dos potenciais utilizadores do portal são elicitados, e as preferências ou expectativas relativamente à estrutura e *layout* da informação apresentada são documentadas. Os resultados desta fase constituem a entrada para o desenho do sítio web e para as primeiras páginas HTML, e afectam o modelo de domínio formal embutido na ontologia.
- Desenho do sítio web e engenharia da ontologia - os requisitos determinam, por exemplo, quais as vistas e consultas que são úteis para os utilizadores do portal, quais os caminhos de navegação esperados, como é que as diferentes páginas web são ligadas, ou quais as funcionalidades fornecidas nas diferentes áreas do portal. O desenho do sítio web pode ser executado independentemente da estrutura formal, isto é, da ontologia. O processo de engenharia da ontologia desenvolve-se em paralelo com o desenho do sítio web. Os termos de domínio elicitados na fase anterior necessitam aqui de ser refinados. Primeiro, partes estáticas da ontologia, isto é, a hierarquia de conceitos, os atributos e relações entre conceitos são formalmente definidos. Depois, são desenvolvidas as regras e restrições que podem incorrer numa maior revisão da hierarquia de conceitos.
- Formação da consulta - aqui, as vistas e consultas, descritas nas fases anteriores, são formalizadas. Primeiro, a sua funcionalidade é testada independentemente do desenho do sítio web. Para expressar as necessidades de informação formalmente, o desenvolvedor tem de aceder à ontologia, onde regras ou relações adicionais que

definem novas vistas ou facilitem a definição das consultas podem tornar-se necessárias.

- Páginas web dinâmicas - as páginas web são populadas, isto é, as consultas e vistas desenvolvidas no desenho do sítio web, e as consultas formalizadas e testadas durante a formalização da consulta são integradas no portal operacional.
- **Manutenção**
 - O utilizador fornece factos via numerosos canais de entrada.
 - Esses factos podem conter erros ou conteúdos indesejados, ou a integração de diferentes fontes pode conduzir a inconsistências. Para fazer face a estes problemas, deve haver uma pessoa responsável por detectá-los e actuar adequadamente. A detecção de inconsistências é suportada pelo motor de inferência, via restrições formuladas.
 - A alteração dos requisitos da comunidade deverá ser também reflectida no portal. Por exemplo, a popularidade pode levar a novos campos de interesse ou tecnologias, em que a mudança pode incorrer em mudanças na ontologia, novas consultas, ou mesmo uma nova estrutura do sítio web. Neste caso, todo o processo de desenvolvimento do site terá de ser recomeçado.



Figura 4.1 - Processo de desenvolvimento de um Portal Web (baseado em Staab *et al.* (2000)).

Ainda sobre o desenvolvimento de Portais Web, em Stojanovic *et al.* (2001) é apresentado também um quadro conceptual interessante para suportar o desenvolvimento de aplicações de portais baseado em ontologias e no seu mecanismo semântico para aquisição, estruturação e partilha de informação entre humanos ou agentes. A origem do SEAL (Semantic PortALs) está no ONTOBROKER¹, que foi concebido para pesquisa semântica de conhecimento na web, e também usado para partilha de conhecimento na web. O quadro apresentado foi testado no portal do

¹ Sistema de base de dados orientado a objecto, dedutivo, operando quer na memória principal quer na base de dados relacional (via ODBC). Proporciona compiladores para as diferentes linguagens para descrever ontologias, regras, e factos. A par com a outra utilização, é também usado como um motor de inferência (servidor) dentro do SEAL. Lê os ficheiros de entrada contendo a base de conhecimento e a ontologia, avalia as consultas que chegam e devolve os resultados derivados da combinação da ontologia, base de conhecimento e consulta.

instituto alemão AIFB. O desenvolvimento das ontologias no contexto deste portal seguiu a metodologia CommonKADS, proposta em Sure (2003) e descrita resumidamente na secção 4.3.2.

A espinha dorsal do sistema consiste de um armazém de conhecimento (*WAREHOUSE*) - ontologia e base de conhecimento - e de um mecanismo de inferência principal (ONTOBROKER). No *front-end* distinguem-se 3 tipos de agentes que comunicam com o sistema através do servidor web: agentes de software, comunidade de utilizadores e utilizadores gerais. As aplicações remotas (por exemplo, agentes de software) processam a informação armazenada no portal. Para isto, o *RDF GENERATOR* apresenta os factos RDF através do servidor web. Os agentes de software com *RDF CRAWLERS* recolhem os factos, isto é, têm assim acesso directo ao conhecimento semântico armazenado no sítio web. A comunidade de utilizadores e os utilizadores gerais podem aceder à informação contida no sítio web. São suportadas duas formas de acesso: (1) navegando através do portal usando a estrutura de hiperligação de documentos; ou (2) pesquisando informação através de consultas. O módulo de *NAVIGATION* explora capacidades de inferência do motor de inferência, de forma a construir estruturas de hiperligação conceptuais. A pesquisa e consulta são feitas através do módulo *QUERY*. O utilizador pode personalizar a interface de pesquisa usando o módulo *SEMANTIC PERSONALIZATION*, ou alinhar os resultados recuperados de acordo com a similaridade semântica (módulo *SEMANTIC RANKING*).

Apenas a comunidade de utilizadores pode fornecer dados. Para cada tipo de informação com que podem contribuir, existe pelo menos um conceito na ontologia. Através da recuperação de partes da ontologia, o módulo *TEMPLATE* produz semi-automaticamente formulários HTML para introdução dos dados. A comunidade de utilizadores preenche nesses formulários, e o módulo armazena os dados no armazém de conhecimento *WAREHOUSE*.

Ainda no contexto de Portais (de comunidades) Web, Benjamins *et al.* (1998) desenvolveram o que designaram de Prova do Conceito (KA)² – (*Knowledge Annotation Initiative of the Knowledge Acquisition Community*)² aplicado a uma organização virtual de investigadores, universitários, projectos, publicações, etc. A informação reside em cada página web dos investigadores KA. (KA)² permite, por exemplo, uma gestão de recursos humanos efectiva, permitindo encontrar as pessoas certas através das suas competências, experiência, etc. A ontologia corrente para a comunidade KA consiste de 7 ontologias relacionadas: ontologia da organização, ontologia do projecto, ontologia da pessoa, ontologia do tópico de investigação, ontologia da publicação, ontologia do evento e ontologia do produto de investigação. Na (KA)² constrói-se uma ontologia da comunidade de KA (por exemplo, mapa de conhecimento da empresa). A anotação das páginas HTML significa que cada investigador participante na comunidade tem de anotar o conhecimento relevante no seu ambiente de página pessoal. Na (KA)², para o *ontocrawler* recolher o conhecimento das páginas

HTML, os investigadores têm de registar as suas páginas, isto é, têm de dizer ao *ontocrawler* qual a URL que necessitam visitar. Usando a interface de visualização hiperbólica da ontologia, ligada com a interface de tabela, os utilizadores não precisam de conhecer uma linguagem de consulta específica.

Um outro trabalho que nos parece também interessante fazer referência, é o desenvolvido no âmbito do projecto SWED (*Semantic Web Environment Directory*)¹ (Reynolds e Shabajee, 2004). SWED é parte de um outro projecto designado SWAD-Europe (*Semantic Web Advanced Development*). Trata-se de um protótipo de um tipo de directoria de organização e projectos na área ambiental. Segundo os autores, a principal diferença deste portal (semântico) face aos tradicionais, é que em vez de centralizar o armazenamento, gestão e propriedade da informação, são as organizações que mantêm a sua própria informação, publicando-a nos seus próprios sítios web. Há assim separação da criação e armazenamento dos dados, da sua publicação. O portal de SWED simplesmente recolhe a informação e usa-a para criar a directoria.

O funcionamento básico do portal SWED consiste em cada entidade (organização, departamento ou projecto) poder ser integrada no portal através do simples preenchimento de um formulário que gera um ficheiro RDF com a informação da entidade, e o envia por correio electrónico para esta. A entidade publica o ficheiro RDF através do seu sítio web e faz o registo no portal SWED indicando o endereço para o ficheiro, de forma a permitir assim a sua publicação no portal. Sempre que a entidade quiser fazer actualizações na sua informação, terá de aceder à zona de actualizações no portal e substituir o ficheiro anterior. Esta abordagem visa pois cobrir com as limitações das abordagens existentes, relativamente à criação e manutenção de recursos de informação de comunidades baseadas na web. Estes incluem elevados custos de manutenção, capacidade limitada de reutilização por terceiros, natureza problemática de adição de novos tipos de informação, etc.

4.3 Desenvolvimento de Ontologias

Actualmente, existe a necessidade de modelar, estruturar, e interligar adequadamente o conhecimento para suportar a sua integração flexível e a apresentação personalizada ao consumidor. A resposta para isto são as ontologias: visam capturar o conhecimento e proporcionar uma compreensão comum de um domínio, conhecimento este que pode ser reutilizado e partilhado através de aplicações e grupos (Sure *et al.*, 2002b).

¹ <http://www.swed.org.uk>

4.3 DESENVOLVIMENTO DE ONTOLOGIAS

No processo de gestão do conhecimento usando ontologias (Weib e Maedche, 2003):

- A organização e estruturação do conhecimento são feitas através de uma ontologia, por exemplo, mapa de conhecimento da organização;
- O refinamento do conhecimento é executado distribuidamente por cada trabalhador (actualização das anotações);
- A distribuição do conhecimento é feita por um *webcrawler* que dá acesso inteligente ao conhecimento gerido.

Da análise feita nas secções antecedentes, constata-se que a construção de uma ontologia deverá ser bem suportada numa metodologia adequada que guie o seu processo de desenvolvimento. A linguagem a optar para representação do conhecimento e a decisão por uma ferramenta que permita a sua edição de forma eficaz, incluindo facilidades de navegação, alteração, etc. são também considerações importantes e necessárias quando se tem pela frente a tarefa de construir ontologias para representação de determinado(s) domínio(s) de conhecimento. Assim, nas sub-secções seguintes, descrevem-se algumas das metodologias mais consagradas da investigação científica para desenvolvimento de ontologias, mas também as linguagens e editores mais utilizados.

4.3.1 Linguagens

Podemos distinguir as várias linguagens em termos de:

- Linguagens padrão para web: XML (*eXtensible Markup Language*), RDF (*Resource Description Framework*).
- Linguagens de ontologia tradicionais: CycL, Ontolingua, F-Logic (*Frame-Logic*), CML (*Chemical Markup Language*), OCML (*Operational Conceptual Modelling Language*), LOOM, KIF (*Knowledge Interchange Format*).
- Linguagens de ontologia baseadas na web: OIL (*Ontology Inference Layer*), DAML (*DARPA Agent Markup Language*), DAML+OIL, SHOE (*Simple HTML Ontology Extensions*), XOL (*Ontology Exchange Language*), RDF(S), XTM (*XML Topic Maps*), OWL (*Ontology Web Language*).

Vejamos algumas características de algumas das linguagens referidas:

XML proporciona uma sintaxe superficial para documentos estruturados, mas impõe a não existência de restrições semânticas no significado desses documentos. É sintaxe genérica. É metadados estruturados com etiquetas. XMLS é uma linguagem para restringir a estrutura dos documentos XML e também estender XML com *datatypes*. É sintaxe para descrição de propriedades de recursos.

RDF (Lassila e Swick, 2000) é um modelo de dados por objectos (recursos) e relações entre eles, proporcionando semânticas simples para este modelo de dados, e esses modelos de dados podem ser representados na sintaxe XML. Proporciona um modelo de dados simples para representação de semânticas formais de informação, isto é, meta-informação. Desenvolvida pelo W3C (*World Wide Web Consortium*) como uma linguagem baseada em rede semântica para descrever recursos da web. Foi a primeira linguagem especificada pelo W3C para a representação de informação semântica acerca de recursos arbitrários.

RDF(S) (Brickley e Guha, 2000) também desenvolvido pelo W3C como uma extensão de RDF com primitivas baseadas em *frame*. É a combinação de RDF e RDF Schema. É muito mais expressiva. Permite representação de conceitos, taxonomias de conceitos e relações binárias. Algumas máquinas de inferência têm sido criadas para esta linguagem, principalmente, para verificar as restrições. RDF(S) é um vocabulário para descrever propriedades e classes de recursos RDF, com semânticas para generalização de hierarquias de tais propriedades e classes. É um sistema de tipos para RDF. Define uma linguagem de modelação de ontologia simples no topo de RDF, que pode ser usada para definir o vocabulário e estrutura da meta-informação. Pode ser usada para criar ontologias, mas é no seu propósito de valor e poder de expressividade, menor que OWL. No entanto, tal como OWL, RDF(S) inclui classes e propriedades, bem como restrições de gama e domínio nas propriedades. Proporciona herança de hierarquias para as classes e propriedades.

KIF (Genesereth e Fikes, 1992) é uma linguagem baseada em lógica de primeira ordem, possuindo sintaxe simples e com algumas extensões para suportar um *reasoner* de relações.

Ontolingua (Farquhar *et al.*, 1996) é uma linguagem baseada em KIF que combina paradigmas de *frames* e predicados de cálculo de primeira ordem, sendo a mais expressiva de todas as linguagens para representar ontologias. Permite representar conceitos, taxonomias de conceitos, relações n-árias, axiomas, instâncias e procedimentos. Nenhum suporte de raciocínio é fornecido com a linguagem.

OIL adiciona lógica de descrição ao RDF(S), permitindo definir axiomas que descrevem logicamente classes, propriedades, e as suas hierarquias. É uma camada de inferência e representação baseada na web, que combina a utilização da modelação de primitivas provenientes das linguagens baseadas em *frames* com a semântica formal, e com serviços de *reasoner* provenientes de lógicas de descrição.

DAML+OIL, sendo um sub-dialecto de OIL, é o ponto de partida para a linguagem ontológica web. É a união de DAML com OIL e define uma série de construções específicas para representação de ontologias em RDF.

XOL é uma linguagem baseada em XML, projectada para proporcionar um formato para troca de definições entre ontologias, no domínio da biologia molecular.

OWL adiciona mais vocabulário para descrever as propriedades e classes: relações entre classes (por exemplo, disjuntas), cardinalidade (por exemplo, “exactamente um”), igualdade, tipos de propriedades enriquecida, características das propriedades (por exemplo, simetria), enumeração de classes, entre outras. É uma linguagem para representação do conhecimento. A linguagem OWL é desenhada para o uso por aplicações que necessitem de processar o conteúdo da informação, em vez de apenas a apresentar aos humanos. Facilita uma maior interpretabilidade pela máquina dos conteúdos web do que XML, RDF, e RDF (S) ao proporcionar vocabulário adicional a par com as semânticas formais. A linguagem OWL divide-se em:

- **OWL Lite**: suporta aqueles utilizadores que necessitam principalmente de uma classificação hierárquica e de características de restrições simples.
- **OWL DL**: suporta os utilizadores que querem expressividade máxima, sem perderem a totalidade de capacidade de decisão computacional dos sistemas de raciocínio. Foi desenhada para suportar o segmento de negócio existente e tem propriedades computacionais desejáveis para os sistemas de raciocínio.
- **OWL Full**: suporta os utilizadores que querem expressividade máxima e liberdade sintáctica de RDF, sem garantias computacionais. É improvável que qualquer software de raciocínio seja capaz de suportar qualquer característica desta sub-linguagem.

Os formatos XML e RDF são parte da norma OWL. Para descrever uma ontologia que possa ser interpretada sem ambiguidades e usada por agentes de software, é necessário sintaxe e semânticas formais para OWL. OWL é uma extensão do vocabulário de RDF. OWL é uma revisão de DAML+OIL.

4.3.2 Metodologias

Nesta secção sintetizam-se algumas das metodologias mais reconhecidas para suportar o processo de construção de ontologias. Aqui, pretendeu-se apenas fazer uma apresentação abrangente, mas sucinta, dos principais trabalhos conhecidos neste contexto.

Baseado na experiência da construção da “*Enterprise Ontology*”, que inclui um conjunto de ontologias para modelação empresarial, Uschold e King (1995) definiram a metodologia de desenvolvimento da *ENTERPRISE Ontology*, que inclui as seguintes fases principais:

- Identificar o propósito da ontologia;
- Construir a ontologia capturando, codificando e integrando conhecimento apropriado a partir de ontologias existentes;
- Avaliar a ontologia;
- Documentar a ontologia.

Esta metodologia foi das primeiras a ser desenvolvida, apresentando a desvantagem de não descrever com precisão as técnicas para execução das diferentes actividades.

TOVE (*Toronto Virtual Enterprise*) (Grüninger e Fox, 1995) é outra metodologia para desenvolvimento de ontologias, que apresenta como fases principais:

- Capturar cenários de motivação;
- Formular questões de competência informais (com base nos cenários capturados, a ontologia deve representar as questões de terminologia);
- Especificação da terminologia da ontologia a partir de uma linguagem formal (criar um conjunto de termos a partir das questões de competência informais, para especificar uma terminologia formal);
- Formular questões de competência formais, utilizando a terminologia formal (utilizando as questões de competência informais e a terminologia formal, obter as questões de competência formal - FOL (*Formal Ontology Language*));
- Especificar axiomas e definições para os termos da ontologia, com a linguagem formal (os axiomas da ontologia especificam as definições dos termos e as suas interpretações);
- Avaliar a ontologia.

Também de referir a metodologia KACTUS, desenvolvida por Bernaras *et al.* (1996) no contexto do projecto ESPRIT KACTUS, e que destaca as seguintes fases na construção de uma ontologia:

- Especificação da aplicação (contexto e componentes) - definir uma lista de termos e tarefas;
- Desenho preliminar baseado nas categorias ontológicas relevantes - utilizar a lista de termos e tarefas como entrada, a fim de obter visões globais do modelo;
- Refinamento e estruturação da ontologia - definições de uma ontologia definitiva, onde os módulos não sejam muito dependentes uns dos outros e sejam o mais coerentes possível, a fim de se obter a máxima homogeneidade de cada módulo.

4.3 DESENVOLVIMENTO DE ONTOLOGIAS

Esta metodologia apresenta a desvantagem de muito pouco detalhe, e da falta de recomendação de técnicas particulares para suportar as fases de desenvolvimento. Além disso, faltam os processos de documentação, avaliação e manutenção.

A metodologia METHONTOLOGY (Fernández-López *et al.*, 1999), considerada a mais desenvolvida, e recomendada pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*), apresenta as seguintes fases para desenvolvimento de uma ontologia:

- Especificar o(s) requisito(s);
- Conceptualizar o domínio do conhecimento;
- Formalizar o modelo conceptual numa linguagem formal;
- Implementar um modelo formal;
- Fazer a manutenção das ontologias implementadas;

Como actividades de suporte a esta metodologia, são referidas: aquisição do conhecimento, integração, avaliação, documentação e gestão da evolução.

A metodologia CommonKADS¹ (Staab *et al.*, 2001) refere as seguintes fases para construção de uma ontologia:

- Arranque (*Kickoff*) - captura de requisitos num ORSD (*Ontology Requirements Specifications Document*), descrevendo que ontologia poderia suportar e esboçando a área planeada de aplicação da ontologia. Uma possibilidade de captação de conhecimento dos especialistas de domínio é através de questionários de competência informais (Bernaras *et al.*, 1996).
- ORSD1: domínio e objectivos (usa duas classificações industriais normalizadas).
- ORSD2: desenho de linhas de orientação (linhas de orientação pré-definidas para o tamanho e estrutura das ontologias, como, por exemplo, número de conceitos para a ontologia ou profundidade máxima da hierarquia de conceitos).
- ORSD3: fontes de conhecimento disponíveis (inclui todos os tipos de fontes de conhecimento válidas para o desenvolvimento da ontologia, como, por exemplo, peritos de domínio, ontologias reutilizáveis ou planos de negócio).
- ORSD4: utilizadores e casos de uso (ligações a documentos existentes são armazenadas para manter o rasto dos documentos usados).
- ORSD5: aplicações suportadas (deve ser identificada a aplicação suportada, e deve ser especificado o caminho para armazenar a versão produzida da ontologia).
- Refinamento - produzir uma ontologia alvo detalhada, orientada para aplicação de acordo com a especificação dada na fase anterior. Divide-se entre o processo de

¹ Esta metodologia surgiu mais cedo mas depois evoluiu para o estado que se apresenta.

elicitação do conhecimento com especialistas de domínio, que serve como entrada para a futura expansão e refinamento da ontologia de linha de base (são identificados e modelados axiomas nesta fase); e a fase de formalização para transformar a ontologia na ontologia alvo, expressa em linguagens de representação formal.

- Avaliação - prova da utilidade das ontologias desenvolvidas e do seu ambiente de software associado (verificar se cumpre o ORSD).
- Manutenção - este é principalmente um processo organizacional. Deverão existir regras rígidas para processos de actualização-inserção-eliminação dentro das ontologias. O mais importante é clarificar quem é responsável pela manutenção e como é executada.

Em Sure (2003) é apresentada uma metodologia (On-To-Knowledge) para introdução de uma solução de gestão do conhecimento baseada em ontologia para empresas, que é referida pelos autores como sendo uma melhoria à metodologia CommonKADS. No entanto, verifica-se que inserindo-se a metodologia CommonKADS no âmbito de engenharia de conhecimento, ao passo que a metodologia On-To-Knowledge surge no contexto mais específico de engenharia de ontologias, esta última detalha e melhora apenas uma parte da metodologia CommonKADS. Além das fases identificadas por Staab *et al.* (2001), Sure (2003) acrescenta-lhe mais uma preliminar que designa de “Estudo de viabilidade/praticabilidade”. Mas, a importância desta metodologia de Sure (2003) vai para a ferramenta OntoKick, desenvolvida para suportar a fase de arranque. OntoKick foi implementada como uma *plugin* ao editor OntoEdit (ver secção 4.3.3). Esta ferramenta permite a captura do conteúdo ORSD e a integração dos vários elementos, cobrindo essencialmente os seguintes aspectos:

- Captura de especificações de requisitos gerais para uma ontologia;
- Análise de uma especificação de requisitos específica (questionários de competência, que servem como funções de conhecimento para o desenvolvimento da ontologia);
- Extração semi-automática de conceitos, relações, e instâncias das questões de competência.

Mais recentemente, a metodologia DILIGENT (*DIstributed, Loosely-controlled and evolInG Engineering of oNTologies*) (Vrandecic *et al.*, 2005) é a primeira a colocar ênfase, não no desenvolvimento inicial da ontologia, mas sim no utilizador e na sua utilização da ontologia, bem como, nas mudanças introduzidas por este. A metodologia DILIGENT foi usada numa organização virtual sobre o projecto europeu SWAD (*Semantic Web Advanced Development*), referido na secção 4.2.4. Compreende 5 actividades principais da engenharia de ontologia, que se descrevem a seguir:

4.3 DESENVOLVIMENTO DE ONTOLOGIAS

- Construção - o processo começa tendo os peritos de domínio, utilizadores, engenheiros do conhecimento e engenheiros de ontologias construído uma ontologia inicial. Em contraste às outras metodologias de engenharia de ontologias, não é requerido a completude da ontologia inicial partilhada com respeito ao domínio. O grupo envolvido na construção da ontologia inicial deve ser relativamente pequeno, de forma a encontrar uma primeira versão consensual da ontologia partilhada, numa forma fácil.
- Adaptação local - uma vez que a ontologia central esteja disponível, os utilizadores trabalham com ela e, adaptam-na localmente às suas necessidades. No seu ambiente local, são também livres para alterar a ontologia central reutilizada. No entanto, não lhes é permitido directamente mudar a ontologia central. A central de controlo recolhe pedidos de mudança para a ontologia partilhada, e guarda (*log*) as adaptações locais (continuamente ou em pontos de controlo).
- Análise – a central de controlo analisa as ontologias locais e os pedidos para mudanças, e tenta identificar semelhanças nas ontologias dos utilizadores. Dado que nem todas as mudanças introduzidas ou pedidas pelos utilizadores serão introduzidas na ontologia central partilhada, a actividade crucial da central de controlo está em decidir que mudanças são introduzidas na próxima versão da ontologia partilhada.
- Revisão – a central de controlo deve rever regularmente a ontologia partilhada, de modo que as ontologias locais não divirjam demasiado da ontologia partilhada. O objectivo da revisão é realinhar a ontologia com as necessidades dos utilizadores e assim, ganhar elevada aceitação e menor diferenciação local. Os utilizadores são envolvidos na avaliação da ontologia sob o ponto de vista da usabilidade. Os peritos de domínio são responsáveis por avaliá-la do ponto de vista do domínio. Os engenheiros do conhecimento são, principalmente, responsáveis pela avaliação a nível de domínio e técnico (eficiência, conformidade com as normas, etc). Os engenheiros da ontologia também têm responsabilidade sob o ponto de vista técnico. Outra tarefa da central de controlo, é assegurar a compatibilidade com as versões anteriores. Os engenheiros da ontologia são responsáveis por actualizar a ontologia, baseados nas decisões da central de controlo. A revisão da ontologia partilhada compreende a sua evolução.
- Actualização local - uma vez que a nova versão da ontologia partilhada seja disponibilizada, os utilizadores podem actualizar as suas próprias ontologias locais, para melhor usar o conhecimento representado na nova versão.

A partilha do conhecimento em ambientes dinâmicos requer, portanto, um processo de engenharia de ontologia que possa cobrir mudanças frequentes das necessidades dos utilizadores. Assim, na metodologia DILIGENT destacam-se as seguintes considerações:

Utilizadores - existem vários peritos com diferentes e complementares competências, envolvidos colaborativamente na construção da mesma ontologia. Em ambientes não centralizados, eles podem mesmo pertencer a organizações concorrentes e estarem geograficamente dispersos. Normalmente, os peritos de domínio envolvidos na construção da ontologia são também os seus utilizadores. No entanto, muitos dos utilizadores não a construirão ou modificarão, isto é, a comunidade de utilizadores é muito maior que a comunidade de construtores activos.

Visão *Bird's-eye* - a ontologia inicial é construída por um pequeno grupo. Depois, é disponibilizada e os utilizadores são livres de usá-la e modificá-la para os seus propósitos. Existe uma central de controlo que mantém e assegura a qualidade da ontologia partilhada. É também responsável por actualizá-la. As actualizações são, principalmente, baseadas em mudanças que ocorrem e pedidos de utilizadores locais. Portanto, a central de controlo apenas controla o processo. Devido às mudanças introduzidas pelos utilizadores ao longo do tempo, a ontologia evolui.

Uma outra metodologia no contexto de engenharia de ontologias inter-organizacionais que salientamos é DOGMA-MESS - *Designing Ontology-Grounded Methods and Applications - Meaning Evolution Support System* (Moor *et al.*, 2006). O processo de engenharia começa com a criação da UCO (Ontologia Comum de Alto-Nível) (ver a Figura 4.2 e Figura 4.3) que contém conceptualizações e restrições semânticas, que são comuns e aceites por um domínio. Cada organização participante especializa esta ontologia na sua própria OO (Ontologia Organizacional), resultando assim numa interpretação local do conhecimento comumente aceite. Na LCO (Ontologia Comum de Baixo-Nível), é produzida uma nova proposta para a próxima versão de IOO (Ontologia Inter-Organizacional), alinhando material relevante da UCO e das várias OOs. Uma parte da LCO, que é aceite pela comunidade, forma então a UCO legítima para a próxima versão de IOO. Salienta-se que:

- Cada versão da construção de IOO consiste de 3 estágios:
 - Criação de *templates*;
 - Definição das definições organizacionais (divergência de definições);
 - Definição das especializações comuns (convergência de definições).
- Actores:
 - *Core Domain Experts* - representam o interesse comum;

4.3 DESENVOLVIMENTO DE ONTOLOGIAS

- *Domain Experts* - representam os vários interesses organizacionais;
- *Knowledge Engineers* - ajudam os outros especialistas a definir e analisar as várias ontologias.
- Exemplos de relações canónicas:
 - Agente;
 - Objecto;
 - Resultado.
- Cada domínio tem a sua própria UCO que é mantida pelo *Core Domain Expert*.
- Os *templates* descrevem a definição de conhecimento comum mais relevante para o interesse comum. No início de cada nova versão, o *Core Domain Expert* define os *templates* que melhor capturam os interesses do momento. Ao longo do tempo, os *templates* deverão tornar-se mais numerosos e especializados.
- A camada mais importante para a negociação de significados é a LCO. No processo de negociação de significados podem ser criadas novas definições que não são especializações (completas), mas representam uma nova categoria do *template* para a próxima versão de IOO.
- A interface permite, por exemplo, que tipos de conceitos e relações sejam definidos, e grafos de conceitos e relações sejam adicionados, alterados, ou removidos. PROLOG+CG é embutido no DOGMA-MESS como um motor de inferência de grafos de conceitos.

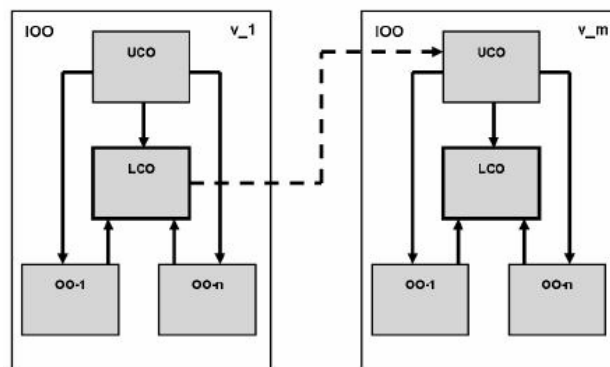


Figura 4.2 - Modelo DOGMA-MESS (Moor *et al.*, 2006).

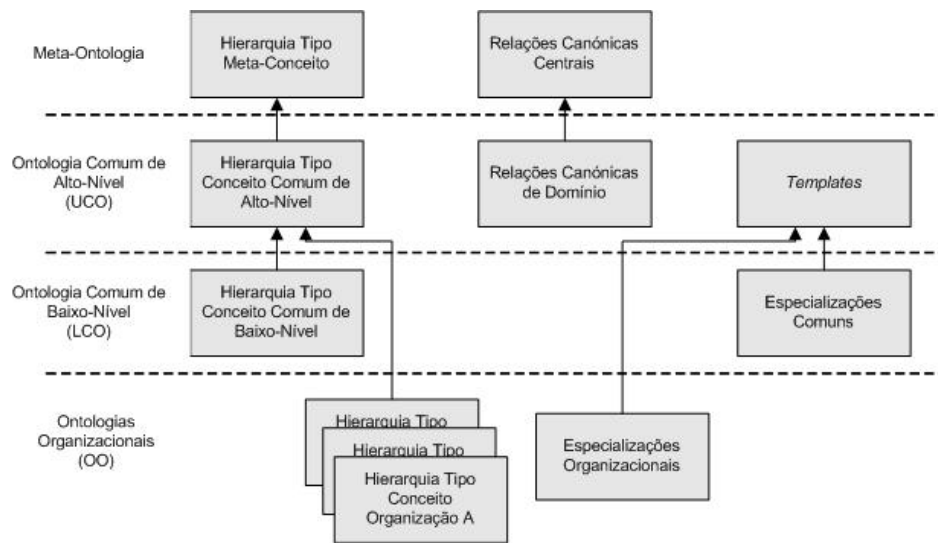


Figura 4.3 - Engenharia de ontologias inter-organizacionais no DOGMA-MESS (baseado em Moor *et al.* (2006)).

Em suma, podemos dizer que a investigação científica no desenvolvimento de metodologias para apoio à construção de ontologias tem tido uma evolução significativa. Pensamos que este desenvolvimento tem sido o reflexo das necessidades emergentes das novas formas de organização em rede. Nota-se claramente que as metodologias mais recentes, como a DILIGENT e a DOGMA-MESS já abordam aspectos relacionados, quer com as questões de reutilização de múltiplas ontologias, quer com as questões de gestão da sua evolução. Metodologias anteriores às referidas, apenas tratam a construção de ontologias como um processo estático que começa e acaba.

4.3.3 Ferramentas

Nesta sub-secção destacam-se alguns dos editores de ontologias mais difundidos em engenharia de ontologias. A destacar:

- Protégé¹ (Noy *et al.*, 2001) - importa/exporta para F-Logic, Jess, OIL, XML, PROLOG (*Programming in Logic*); acesso OKBC (*Open Knowledge Base Connectivity*); biblioteca de *plugins*; plataforma Java.
- OntoEdit² (Sure *et al.*, 2002a) - importa/exporta para F-Logic, XML, RDF(S), DAML+OIL; arquitetura extensível baseada em *plugins*; plataforma Java; tem suporte na metodologia On-To-Knowledge.

¹ <http://protege.stanford.edu>

² <http://ontoserver.aifb.uni-karlsruhe.de/ontoedit>

4.3 DESENVOLVIMENTO DE ONTOLOGIAS

- WebODE¹ (Arpírez *et al.*, 2001; Corcho *et al.*, 2002) - importa/exporta para XML, RDF(S), OIL, DAML + OIL, CARIN, F-Logic, JESS, PROLOG; ontologias armazenadas em bases de dados relacionais; serviços de documentação, avaliação e fusão de ontologias; plataforma Java; tem suporte na metodologia METHONTOLOGY; tem as características mais avançadas na construção colaborativa de ontologias.
- Ontolingua (Farquhar *et al.*, 1996) - foi desenvolvida nos anos 90 pela Universidade de Stanford. O sistema consiste de um servidor e uma linguagem de representação. O servidor proporciona um repositório de ontologias, permite a criação de ontologias novas e a modificação das existentes. As ontologias no repositório podem ser unidas ou incluídas numa nova ontologia. O sistema é desenhado para a cooperação de vários utilizadores no desenvolvimento de uma ontologia. A interacção com o servidor é conseguida usando um motor de navegação web para ligar ao servidor. Para permitir a cooperação, o servidor usa a noção de utilizadores e grupos. O dono de uma ontologia pode dar a certos grupos a possibilidade de leitura e escrita na ontologia. As ontologias armazenadas no servidor podem também ser convertidas em diferentes formatos para o uso em outras aplicações. É também possível importar definições de ontologias de outras linguagens para a linguagem Ontolingua.
- WebONTO (Domingue, 1998) - foi desenvolvido pelo *Knowledge Media Institute* da Universidade Aberta para suportar a navegação, criação e edição de ontologias colaborativas, e em particular para proporcionar uma interface de manipulação directa mostrando expressões ontológicas. Desenhado para complementar a ferramenta Tadzebao. É uma ferramenta principalmente gráfica para a construção de ontologias, em que a linguagem usada para modelar as ontologias é OCML (*Operational Conceptual Modeling Language*). A ferramenta tem diversas características úteis, como diagramas de estruturas, vistas das relações, classes, regras, etc. No trabalho cooperativo em ontologias, diferentes utilizadores podem fazer notas e alterações na visão corrente usando diferentes cores.

Editores não referenciados aqui, mas que também podem ser alvo de consideração são, por exemplo, ONTOBuilder, ONTOSaurus, entre outros. Também de referir que para avaliação de editores de ontologias pode ser seguido o quadro conceptual de Kabel (1997). Neste quadro, a avaliação reflecte os seguintes aspectos:

- Geral - refere-se a aspectos da ferramenta que também são encontrados em outros programas, como por exemplo, interface de utilização (clareza e consistência) e

¹ <http://delicias.dia.fi.upm.es/webODE>

diferentes acções possíveis de realizar (identificação das mudanças, sistema de ajuda, instalação local, velocidade de actualização, etc).

- Ontologia - refere-se a questões relacionadas com a ontologia, como por exemplo, ajuda na construção da ontologia, possibilidade de reutilização de ontologias, disponibilização de exemplos de ontologias, as primitivas de alto-nível disponibilizadas, possibilidade de verificação de consistência ou permissão de múltipla hereditariedade.
- Cooperação - refere-se a avaliar o suporte da ferramenta para construir uma ontologia por várias pessoas em diferentes locais, isto é, edição síncrona, reconhecimento de alterações ou facilidades de exportação e importação.

Em Duineveld *et al.* (2000) é feita uma avaliação de alguns editores de ontologias, segundo o quadro conceptual de Kabel (1997).

4.4 Gestão de Múltiplas Ontologias

Normalmente, cada empresa cria e gere pequenos sistemas satisfazendo as suas necessidades. No entanto, conforme já referido nos capítulos anteriores, verifica-se actualmente uma crescente predisposição das empresas (caso particular das Pequenas e Médias Empresas, não é disso excepção) para formar parcerias (Empresas Virtuais), de forma a juntando sinergias responder a determinado objectivo de negócio. Este facto requer a partilha de competências, mas também de recursos. Assim, esta forma de organização confronta-se com o facto de que não existindo apenas um sistema de gestão e criação do conhecimento centralizado, é difícil para os parceiros reutilizar informação uns dos outros nos seus sistemas. Há assim necessidade de integrá-los. No entanto, esta tarefa pode mostrar-se difícil, porque cada sistema é normalmente baseado em modelos conceptuais diferentes. A solução terá de passar, portanto, pela resolução do problema de heterogeneidade semântica entre esses modelos.

Dado que as ontologias definem semânticas de dados com maior precisão, localizar correspondências entre duas ontologias torna-se mais fácil (Maedche *et al.*, 2003a; Pinto e Martins, 2001; Pinto *et al.*, 1999). Mas, para que as correspondências entre ontologias possam ser possíveis, são necessários mecanismos que garantam a interoperabilidade entre elas. Interoperabilidade entre componentes de sistemas de informação distribuídos é a capacidade de trocar serviços e dados uns com os outros. Podemos distinguir dois tipos de interoperabilidade (Benaroch, 2002):

- Interoperabilidade sintáctica - assegura a correcta passagem das trocas, baseado num acordo acerca dos mecanismos que transportam as trocas (protocolos de passagem de mensagens, nomes dos objectos, tipos de argumentos, etc).

- Interoperabilidade semântica - assegura que as trocas façam sentido, baseado em acordos de significados de serviços e pedidos de dados (regras de negócio, entidades dos dados, algoritmos para computação de valores pedidos, etc).

Actualmente, conhecem-se algumas abordagens para apoiar o processo de gestão de ontologias distribuídas, usualmente chamado de integração. No entanto, seguindo o trabalho de Pinto *et al.* (1999), integração não se refere apenas à especificação de operações especiais para a construção de ontologias a partir de outras disponíveis em alguns ambientes de desenvolvimento de ontologias, mas também ao processo de construção de ontologias a partir de outras pré-existentes, isto é, ao conjunto de actividades em algumas metodologias que especificam como construir ontologias usando ontologias disponíveis publicamente, como usar ontologias em aplicações, etc. Assim, distingue-se (1) união de ontologias, de (2) integração de ontologias, e de (3) uso/reutilização de ontologias (ver Figura 4.4) (Pinto *et al.*, 1999):

- União - processo de construção de uma única ontologia através da união de várias ontologias fonte. Usualmente, as ontologias fonte cobrem domínios similares ou sobrepostos. Neste caso, o objectivo é construir uma ontologia unindo ideias, conceitos, propriedades, axiomas, etc., que é conhecimento de outras ontologias existentes sobre o mesmo assunto. A ontologia resultante é assim a tentativa de unificação de conceitos, terminologia, definições, restrições, etc., acerca de uma área particular.
- Integração - processo de construção de uma nova ontologia a partir de duas ou mais ontologias, através da sobreposição das partes comuns. Os domínios das ontologias fonte são diferentes do domínio da ontologia resultante, mas existe alguma relação entre esses domínios. Um processo semelhante ao processo de integração de ontologias é o processo de combinação de ontologias. A principal diferença entre eles é que no segundo, as ontologias tratam do mesmo assunto, ao passo que no primeiro pode não ser esse o caso. São permitidas operações de inclusão com extensão, especialização ou mapeamento de ontologias.
- Utilização/Reutilização - processo de construção de uma aplicação usando uma ou mais ontologias. Neste caso, pretendemos introduzir numa aplicação uma ou mais ontologias que satisfazem determinado requisito e são partilhadas entre várias aplicações de software, ou usar uma ou mais ontologias para especificar ou implementar um sistema baseado em conhecimento.

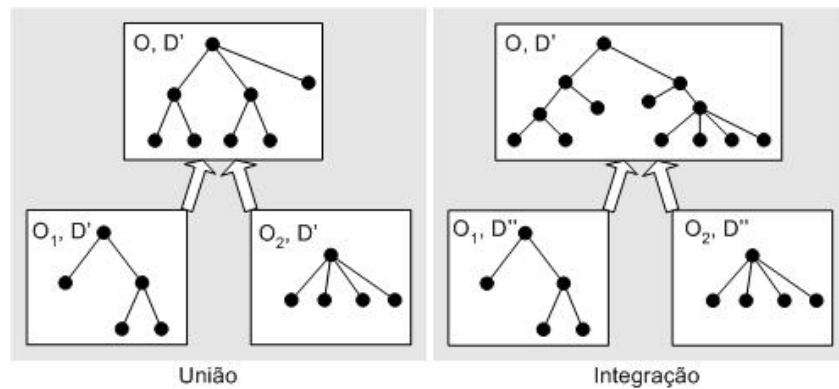


Figura 4.4 - União versus integração de ontologias.

Portanto, nos dois primeiros processos, união e integração, o resultado é uma única ontologia. Ao passo que no processo de uso/reutilização, são usadas diferentes ontologias, mas que não são unificadas numa única. Para suportar estes processos existem técnicas como inclusão, mapeamento ou alinhamento (Maedche *et al.*, 2002, 2003a), que podem ser seguidas de acordo com cada situação particular (ver Figura 4.5). Assim:

- Inclusão - consiste simplesmente em incluir a ontologia fonte na ontologia alvo. Todas as definições da ontologia fonte são visíveis na alvo – não é possível incluir apenas partes da ontologia fonte.
- Mapeamento - consiste em relacionar entre si conceitos ou relações similares de fontes diferentes, através de uma relação de equivalências. Relaciona uma porção da ontologia fonte com entidades da ontologia alvo, transformando instâncias da ontologia fonte em instâncias na ontologia alvo. Neste processo, temos como resultado uma estrutura formal com expressões que ligam os termos de uma ontologia nos termos de outra. O mapeamento pode ser usado para transferir instâncias de dados, integrar e combinar esquemas, e outras tarefas semelhantes.
- Alinhamento: consiste em estabelecer uma ligação por mútuo acordo entre duas ou mais ontologias, tornando-as consistentes e coerentes. Neste processo, temos como resultado as ontologias fonte separadas, mas na qual foram adicionadas ligações entre os seus termos relacionados. Essas ligações permitem que as ontologias reutilizem a informação umas das outras. Usualmente, o alinhamento é realizado quando as ontologias são de domínios complementares (entende-se que um domínio X é complementar ao domínio Y, quando X adiciona informação a Y).

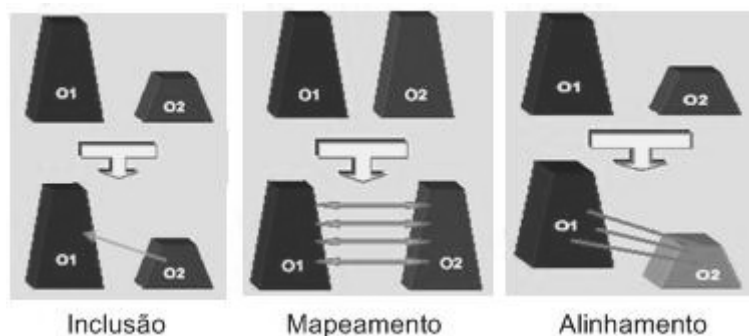


Figura 4.5 - Inclusão versus mapeamento versus alinhamento de ontologias.

Em Maedche *et al.* (2003b), o problema da reutilização de ontologias é tratado, exclusivamente, por inclusão da(s) ontologia(s) existentes na ontologia em desenvolvimento. No entanto, dado que as ontologias definem semânticas de dados, apesar de complexo, localizar correspondências entre duas ou mais ontologias torna-se, na maioria da vezes, essencial (Maedche *et al.*, 2003a; Sure, 2003; Sure *et al.*, 2002b). Kalfoglou e Schorlemmer (2005) fizeram uma revisão do estado-da-arte sobre as questões de alinhamento e mapeamento. A seguir, apresentam-se algumas referências.

No que diz respeito a alinhamento de ontologias, por exemplo, em Breitman *et al.* (2005) é apresentada uma estratégia e uma ferramenta (CATO¹ - Componente para Alinhamento Taxonómico de Ontologias) que os autores defendem permitir o alinhamento automático de ontologias. Ferramenta implementada em JAVA (JENA API) para alinhamento de ontologias escritas em OWL. É usada uma estratégia de 3 etapas (ver Figura 4.6) que se descreve a seguir:

- Comparação Léxica - Os conceitos das duas ontologias são comparados lexicamente (é assumido que os conceitos lexicamente equivalentes, o são também semanticamente no domínio sob consideração) usando um mecanismo de *trimming* como condição de paragem. Os resultados desta etapa são as ontologias de entrada enriquecidas com ligações que relacionam os conceitos identificados como equivalentes lexicamente. No entanto, a similaridade léxica não é suficiente para assumir que os conceitos são semanticamente compatíveis.
- Comparação Estrutural usando *TreeDiff* - Comparação estrutural das ontologias, por forma a obter como resultado os conceitos classificados como similares. A comparação é baseada nos relacionamentos existentes entre os conceitos da ontologia. São analisados os super- e sub-conceitos. As propriedades e restrições da ontologia não são tidas em conta. Esta abordagem é portanto mais restrita que a proposta em Noy e Musen (2003),

¹ <http://cato.lcs.inf.puc-rio.br>

que analisa as ontologias como grafos, tendo em consideração, quer os relacionamentos taxonómicos, quer não-taxonómicos entre os conceitos. O objectivo do algoritmo *TreeDiff* é identificar a maior sub-estrutura comum entre árvores, descrita usando o modelo DOM (*Document Object Model*). Foi criada uma base de sinónimos com acesso automático para uso do CATO.

- Medição de Similaridades - Os conceitos são classificados como “muito similar” ou “pouco similar”, de acordo com uma medida de similaridade pré-definida, por forma a determinar se podem ser alinhados ou não. Apenas são considerados para alinhamento, os conceitos classificados como “muito similar”. O resultado desta etapa, é uma única ontologia que proporciona uma compreensão comum para as semânticas representadas pelas duas ontologias de entrada.

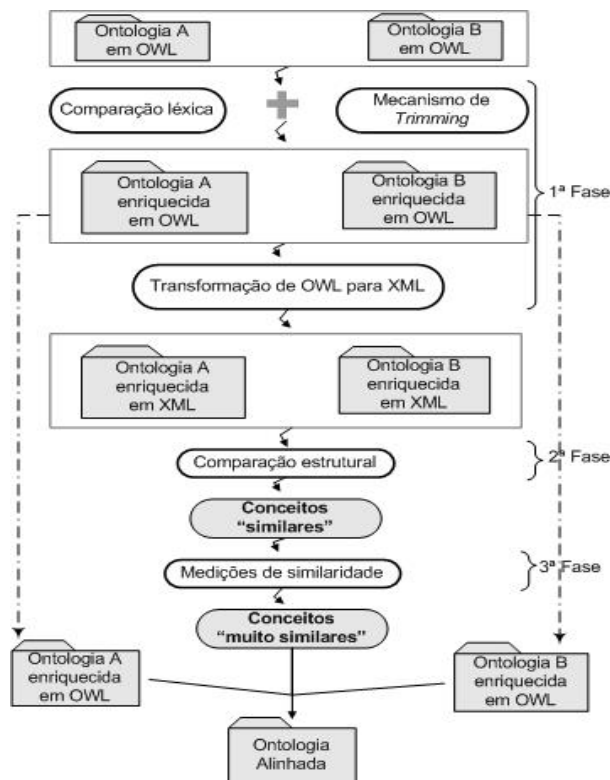


Figura 4.6 - Processo de alinhamento de ontologias no CATO (baseado em Breitman *et al.* (2005)).

No que diz respeito ao mapeamento de ontologias, por exemplo, em Maedche *et al.* (2002, 2003a) é apresentado um quadro conceptual interessante para suportar o processo de mapeamento de ontologias. MAFRA Toolkit¹ (*MApping FRAmework*) permite criar relações semânticas entre duas

¹ <http://mafra-toolkit.sourceforge.net>

ontologias (fonte e alvo), e aplicar tais relações na conversão das instâncias da ontologia fonte em instâncias da ontologia alvo. Este quadro conceptual identifica:

Processo de 5 módulos (dimensão horizontal) para conduzir as questões metodológicas no mapeamento de uma ontologia:

- LIFT e normalização - foca-se no mapeamento de todos os dados, passíveis de serem mapeados, no mesmo nível de representação, mantendo a heterogeneidade sintáctica, estrutural e de linguagem. Deve ter um *wrapper* para a fonte de informação em questão, cuja tarefa é transformar a informação fonte desejada para o nível de ontologia (se a informação fonte já for baseada em ontologia, passa-se esta etapa). Ambas as ontologias deverão ser normalizadas numa representação uniforme.
- Extracção de similaridades - tarefa difícil, mas que consiste em analisar a ontologia e as suas instâncias associadas, permitindo localizar correspondências entre as ontologias que não são imediatas. Para ajudar o utilizador a criar maior precisão nas regras de mapeamento da ontologia, esta fase aplica algoritmos heurísticos e técnicas de aprendizagem máquina, produzindo-se uma matriz de similaridades que reflecte as similaridades entre os conceitos e as instâncias nas ontologias em mapeamento (Doan *et al.*, 2002).
- Mapeamento semântico - baseado nos resultados da fase anterior, este módulo é responsável por estabelecer a correspondência entre as entidades da ontologia fonte e a alvo (Maedche *et al.*, 2002). Esta etapa consiste na criação de mapas, por forma a definir como transformar instâncias da ontologia fonte em instâncias da ontologia alvo. Os mapeamentos distinguem-se por tipo de entidades relacionadas (conceitos, atributos e relações); cardinalidade (1:1, 1:n, n:1); condição (pode incluir condições nas instâncias a serem transformadas); e função de transformação.
- Execução - distinguem-se dois modos de execução:
 - Estático: transforma as instâncias da ontologia fonte uma vez e armazena-as no sistema de gestão do conhecimento associado – as mudanças para as instâncias na ontologia fonte não são visíveis na ontologia mapeada.
 - Virtual (dinâmico): a instância da ontologia em mapeamento transforma-se a cada consulta da ontologia alvo numa consulta sobre a ontologia fonte. O sistema executa então a consulta transformada e transforma a informação na ontologia alvo. Aqui, as mudanças para a ontologia fonte são imediatamente visíveis na ontologia alvo. No entanto, pelo facto de o sistema executar a transformação em cada pedido, o desempenho é pior do que no caso estático.

- Pós-processamento - aplica-se apenas à execução estática, onde o objectivo é melhorar os resultados da fase de execução (por exemplo, identificar que “A. Maedche”=”Alexander Maedche”).

Conjunto de 4 módulos (dimensão vertical) que correm ao longo de todo o processo de mapeamento, inter-actuando com os módulos horizontais (Maedche *et al.*, 2002):

- Evolução - foca-se em manter as “pontes” semânticas obtidas no módulo “Mapeamento semântico”, que deverão ser mantidas em sincronia com as mudanças na ontologia fonte e alvo.
- Construção de consenso cooperativo - é responsável por estabelecer o consenso nas “pontes” semânticas entre duas comunidades, que participam no mesmo processo de mapeamento.
- Restrições de domínio e bases de conhecimento - a qualidade da computação de similaridades pode ser melhorada introduzindo restrições de domínio e bases de conhecimento. Por exemplo, usando glossários para ajudar a identificar sinónimos ou thesaurus de domínio específico, para identificar conceitos semelhantes.
- Interface com o utilizador - este módulo permite aos utilizadores conduzir o processo de mapeamento, proporcionar restrições de domínio e bases de conhecimento, criar “pontes” semânticas, e refinar os mapeamentos de acordo com os resultados do módulo de execução.

4.5 Gestão da Evolução de Ontologias

A evolução de ontologias consiste na adaptação atempada (oportuna) de uma ontologia à alteração dos requisitos do negócio, às tendências nas instâncias da ontologia e nos padrões de utilização de uma aplicação baseada em ontologia, bem como na gestão/propagação consistente dessas mudanças aos elementos dependentes.

O ambiente no qual os Sistemas de Gestão do Conhecimento operam pode mudar de forma imprevista, invalidando as considerações feitas quando o sistema foi construído (por exemplo, aquisição de uma nova subsidiária envolvendo novas áreas de negócio). Os requisitos dos utilizadores também podem mudar depois de o sistema ter sido construído, justificando uma adaptação do sistema (por exemplo, contratar novos empregados com novas competências). Algumas mudanças no domínio são implícitas, e podem ser descobertas apenas analisando a interação do utilizador com o sistema. Para evitar falhas e complexidade desnecessária ao longo do

tempo, a gestão deverá ser interpretada ao nível conceptual (Stojanovic *et al.*, 2002a; Stojanovic *et al.*, 2001).

Assim, podemos identificar dois tipos de mudanças nos Sistemas de Gestão do Conhecimento baseados em Ontologias (SGCO) (Stojanovic *et al.*, 2002a):

Top-down: Mudanças explícitas - o utilizador ou o assistente do conhecimento definem explicitamente os requisitos para a mudança de ontologia. Estas mudanças cobrem:

- Evolução da estratégia de negócio;
- Modificação do domínio de aplicação;
- Novas necessidades dos utilizadores;
- Funcionalidade adicional.

Bottom-up: Mudanças implícitas - mudanças que são descobertas analisando um ficheiro de registo de ocorrências (*log*) e que retratam a interação (comportamento) dos utilizadores com o sistema.

4.5.1 Processo

O processo destas mudanças é visto como a evolução da ontologia, e em que modificando uma parte da ontologia pode gerar inconsistência em outras partes da mesma ontologia, nas instâncias, nas ontologias dependentes, e nas aplicações. Verifica-se então que a evolução da ontologia é uma operação complexa, que deve ser realizada como um processo organizacional e técnico (Staab *et al.*, 2001). Este nível de gestão de ontologias é necessário, não apenas no desenvolvimento inicial e na manutenção de ontologias, mas é também essencial durante a distribuição/implementação, quando a escalabilidade, disponibilidade, confiabilidade e desempenho são críticos. A evolução de ontologias é um problema claramente distinto da evolução dos esquemas nas bases de dados relacionais (Noy e Klein, 2004).

A espinha dorsal de todo o processo de evolução é a meta-ontologia para a evolução, que permite a representação, análise, realização e partilha das mudanças ontológicas numa forma mais sistemática e consistente. É uma ontologia específica que é construída para suportar todas as fases do processo de evolução da ontologia. O processo de evolução de ontologias pode ser tratado como parte da gestão de versões (Noy e Musen, 2004a).

O processo de evolução de ontologias (cíclico) pode ser definido por 6 etapas, distribuídas por três requisitos principais (Maedche *et al.*, 2002, 2003a; Stojanovic *et al.*, 2002a):

Resolução das alterações mantendo a consistência - deve permitir resolver as alterações à ontologia e assegurar a sua consistência, bem como de todos os artefactos dependentes:

- Representação: para resolver as alterações, estas têm de ser identificadas e representadas num formato adequado. As alterações não devem ser executadas de forma isolada, devem ser expressas numa forma mais grosseira com a(s) intenção(ões) de alteração visível(eis) (Stojanovic *et al.*, 2001).
- Semânticas da alteração: a aplicação de uma alteração elementar numa ontologia pode levar a inconsistências em outras partes da ontologia. A tarefa desta fase é permitir a resolução das alterações induzidas de uma forma sistemática, assegurando a consistência da ontologia como um todo:
 - Inconsistência semântica - surge se o significado de uma entidade mudar devido a alterações executadas na ontologia.
 - Inconsistência sintáctica - surge se entidades indefinidas forem usadas na ontologia, ou o nível de instância ou restrições do modelo de ontologia forem invalidadas. Esta fase visa resolver as alterações induzidas sistematicamente, assegurando a consistência de toda a ontologia. Para cada mudança na ontologia, é possível gerar um conjunto de mudanças adicionais, conduzindo a diferentes estágios de consistência finais.
- Implementação: antes do sistema aplicar a alteração à ontologia, deverá gerar e apresentar ao utilizador uma lista de todas as implicações que afectam a ontologia.
- Propagação: primeiro, quando uma ontologia é modificada, as instâncias da ontologia têm de ser alteradas para preservar a consistência com a ontologia. Segundo, porque as ontologias actualizadas muitas vezes reutilizam ou prolongam outras, as ontologias actualizadas podem corromper as ontologias que dependem destas. Este problema pode ser resolvido por aplicação recursiva do processo de evolução de ontologias, nestas ontologias. Terceiro, quando uma ontologia é alterada, aplicações baseadas nessa ontologia alterada podem não funcionar adequadamente. Uma abordagem da evolução da ontologia deverá reconhecer quais as alterações na ontologia que podem afectar a funcionalidade das aplicações dependentes, e reagir correspondentemente (Stojanovic *et al.*, 2002b).

Gestão das mudanças dos utilizadores - deve ser supervisionada, permitindo ao utilizador gerir as alterações mais facilmente (Heflin e Hendler, 2000, 2001). Cobre aspectos relacionados com a necessidade de reversão dos efeitos da evolução da ontologia que podem surgir por, por exemplo, o engenheiro da ontologia falhar na compreensão do efeito actual

da alteração e aprovar alterações que não deveriam ser executadas; ser necessário alterar a ontologia para propósitos experimentais; ou, quando é um trabalho colaborativo, diferentes pessoas podem ter ideias diferentes acerca de como a ontologia deveria ser alterada:

- Validação: o problema da reversibilidade é normalmente resolvido criando registos (*logs*) da evolução, pois permitem registar a informação acerca de cada alteração no sistema, permitindo a reconstrução da sequência de alterações conduzindo ao estado corrente da ontologia. Cada registo (*log*) é adicionalmente associado a meta-informação, tal como, a descrição, o custo, o tempo, a causa, a identidade do autor da mudança, etc.

Melhoria contínua - deve oferecer avisos ao utilizador para o refinamento contínuo da ontologia (isto é, potenciais alterações de melhoria da ontologia poderão ser descobertas semi-automaticamente, a partir dos dados baseados em ontologia e através de análises do comportamento dos utilizadores):

- Descoberta: a fase da validação resulta numa ontologia que, embora consistente, pode conter entidades redundantes ou pode ser melhor estruturada com respeito ao domínio (por exemplo, múltiplos utilizadores podem trabalhar em diferentes partes da ontologia sem comunicação suficiente, podendo assim apagar sub-conceitos em alturas diferentes para cumprir com necessidades imediatas). Para ajudar os utilizadores a detectar tais situações, os autores fazem sugestões para refinamentos da ontologia – alterações à ontologia com o objectivo de melhorar a sua estrutura, tornando-a mais fácil de compreender e menos dispendioso de modificar. Identificam-se 3 formas de descobrir as alterações:
 - Orientada à estrutura – explora um conjunto de heurísticas para melhorar uma ontologia, com base na análise da estrutura da ontologia.
 - Orientada aos dados – detecta alterações induzidas através da análise das instâncias existentes.
 - Orientada à utilização – considera o uso da ontologia no sistema de gestão do conhecimento, e baseia-se na análise do comportamento dos utilizadores em duas fases do ciclo de gestão do conhecimento: analisando a qualidade das anotações e analisando as consultas dos utilizadores e as respostas do repositório do conhecimento.

4.5.2 Estratégia

Estratégia de evolução define-se como uma política comum consistindo num conjunto de estratégias de evolução elementares, cada uma dando resposta a um ponto de resolução, e é usada

para personalizar o processo de evolução da ontologia. Uma determinada estratégia de evolução é escolhida pelo utilizador, no começo do processo de evolução da ontologia (Maedche *et al.*, 2002; Stojanovic *et al.*, 2002)

Segundo estes autores, para derivar um conjunto de pontos de resolução dentro da estratégia de evolução, consideram-se os tipos de alterações que podem ser aplicados à ontologia. Depois, analisam-se as consequências que cada alteração pode ter na ontologia, com respeito à sua definição e dependências entre as entidades da ontologia. Isolam-se as alterações que possam provocar inconsistências de sintaxe. Identificam-se as alterações que possam gerar a necessidade de subsequentes alterações, algumas delas oferecendo diferentes formas de resolução. Para cada resolução particular, define-se uma estratégia de evolução elementar. Para cada alteração elementar, define-se um algoritmo contendo pontos de resolução encontrados durante a resolução da alteração. Cada ponto de resolução representa um ponto do ramo, e cada estratégia de evolução elementar representa um possível ramo. A escolha de exactamente uma estratégia de evolução elementar para cada ponto de resolução possível, forma uma estratégia de evolução.

No negócio real, a escolha de como a alteração pode ser resolvida, pode ser baseada nas características do estado final da ontologia (por exemplo, tornar a profundidade da hierarquia tão pequena quanto possível) ou nas características do processo para resolução das próprias alterações (minimizar o custo). Neste caso temos o que se pode chamar de uma estratégia de evolução avançada, em que há que combinar as estratégias da evolução elementar disponíveis com os critérios do utilizador, e em que se pretende que este processo seja automático. Distinguem-se assim, as seguintes estratégias:

- Orientada à estrutura - resolve as alterações de acordo com critérios baseados na estrutura da ontologia resultante (por exemplo, número de níveis da hierarquia de conceitos).
- Orientada ao processo - resolve as alterações de acordo com o próprio processo de alterações (por exemplo, custo do processo optimizado ou número de passos envolvidos optimizados).
- Orientada à instância - resolve as alterações para atingir explicitamente um determinado estado de instâncias. Uma estratégia eficiente poderia analisar a diferença entre o estado da instância inicial e final, e tentar atingir o estado final duma forma mais eficiente.
- Orientada à frequência - aplica a estratégia de evolução mais usada ou a usada por último.

4.6 Discussão

As ontologias definem uma conceptualização de um domínio de aplicação partilhada por um grupo de actores e proporcionam a base para a definição de metadados, com uma semântica bem definida e processável pela máquina. As ontologias dão-nos assim a possibilidade para nos movimentarmos de uma visão orientada ao documento para uma visão orientada ao conteúdo, onde os itens do conhecimento são interligados, combinados e usados.

Confrontados actualmente com a necessidade de modelar, estruturar, e interligar adequadamente o conhecimento para suportar a sua integração flexível e a apresentação personalizada ao utilizador, a resposta são as ontologias. Visam capturar o conhecimento de um domínio, proporcionando uma compreensão comum do mesmo, que pode ser reutilizado e partilhado através de redes e comunidades (Sure *et al.*, 2002b). Conforme se verificou ao longo deste capítulo, o processo de gestão do conhecimento com recurso a ontologias pede por ferramentas capazes de apoiar tarefas como a construção de ontologias, mas também a possibilidade de consulta às mesmas, a gestão das alterações, etc.

A aplicação de engenharia de ontologias verifica-se actualmente nas mais diversas áreas, nomeadamente, gestão do conhecimento e memórias corporativas, comércio electrónico, recuperação de informação e portais web. Por exemplo, no caso do comércio electrónico, a mistura de linguagem natural, imagens e formato HTML verifica-se ser a principal barreira para a sua automatização, devido às semânticas de informação serem apenas compreendidas pelos seres humanos, impedindo assim um real processamento automático desta informação. XML veio melhorar a situação ao permitir pesquisa de informação directa e troca de dados estruturados (por exemplo, entre bases de dados), mas é apenas isso, isto é, proporciona uma sintaxe normalizada para troca de dados. A definição da estrutura e das semânticas (isto é, o vocabulário e o seu significado) é um requisito adicional que só pode ser atingido com as ontologias. Ainda, torna-se importante que as ontologias tenham uma arquitectura de rede e sejam dinâmicas, dada a natureza aberta, heterogénea e dinâmica do conteúdo trocado e dos processos que implementam essa troca. Interessa também, que a engenharia de ontologias possa endereçar as questões relacionadas com a heterogeneidade no espaço e desenvolvimento no tempo.

Da análise feita nas secções antecedentes, constata-se que a construção de uma ontologia requer uma metodologia adequada que guie o seu processo de desenvolvimento. A linguagem a optar para representação do conhecimento e a decisão por uma ferramenta que permita a sua edição de forma eficaz, incluindo facilidades de navegação, alteração, etc. são também considerações importantes e necessárias, quando se tem pela frente a tarefa de construir ontologias

para representação de determinado(s) domínio(s) de conhecimento. Da revisão do estado-da-arte feita ao nível das metodologias disponíveis para apoio à construção de ontologias, verifica-se que têm sofrido uma evolução ao longo do tempo. Pensamos que esta evolução tem sido reflexo das necessidades emergentes das novas formas de organização em rede.

As metodologias mais recentes, como a DILIGENT e a DOGMA-MESS já abordam mais detalhadamente, quer aspectos relacionados com a reutilização de múltiplas ontologias, quer com a gestão da sua evolução. No entanto, por exemplo, a metodologia DILIGENT apesar de especificar detalhadamente a evolução de ontologias distribuídas, não o faz relativamente ao processo de construção inicial. Assim, na abordagem deste trabalho, cuja apresentação se faz no capítulo 5, o método indicado para apoiar a composição de uma ontologia global de suporte a uma Empresa Virtual formada no contexto de um *Virtual Breeding Environment*, segue a metodologia MENTHONTOLOGY (Fernández-López *et al.*, 1999) - considerada a mais desenvolvida, e recomendada pela FIPA - para a construção da ontologia propriamente dita, e a metodologia DILIGENT (Vrandečić *et al.*, 2005) para manutenção e evolução da ontologia.

Dado neste trabalho ser endereçada a questão da gestão do conhecimento recorrendo à engenharia de ontologias no contexto particular de redes de empresas, a necessidade de rentabilização da reutilização do conhecimento gerado em cada Empresa Virtual constituída é central. No entanto, a construção de uma ontologia reutilizando muitas outras, requer o recurso a técnicas específicas que podem ir da simples inclusão de uma ontologia noutra, a outras mais complexas como o alinhamento ou mapeamento de ontologias, que envolvem o tratamento do problema de heterogeneidade semântica. A clarificação feita neste capítulo sobre as várias técnicas disponíveis para reutilização de ontologias e alguns dos exemplos apresentados, suportam também o método para composição de ontologias apresentado no capítulo 5, para suporte à formação de uma Empresa Virtual no contexto de um *Virtual Breeding Environment*.

O processo de mudanças é visto como a evolução de uma ontologia, em que modificando uma parte da ontologia pode gerar inconsistência em outras partes da mesma ontologia, nas instâncias, nas ontologias dependentes, e nas aplicações. Verifica-se então que a evolução de ontologias é também uma operação complexa, que deve ser realizada como um processo organizacional e técnico (Staab *et al.*, 2001). Conforme referido, a evolução de ontologias é um problema claramente distinto da evolução dos esquemas nas bases de dados relacionais (Noy e Klein, 2004). Na opinião de vários autores, nomeadamente, Noy e Musen (2004a), a espinha dorsal de todo o processo de evolução é uma meta-ontologia para a evolução que permita a representação, análise, realização e partilha das mudanças ontológicas numa forma mais sistemática e consistente. Esta ideia suporta a meta-ontologia desenvolvida e apresentada no capítulo 5 para tratar a gestão da

4.6 DISCUSSÃO

evolução (com controlo de versões) das ontologias resultantes de cada Empresa Virtual dissolvida, cuja classificação e armazenamento é feito através de um sistema de registo de ontologias do sistema de biblioteca de ontologias de um *Virtual Breeding Environment*.

UM MÉTODO PARA APOIAR A COMPOSIÇÃO E DECOMPOSIÇÃO DE ONTOLOGIAS EM REDES DE EMPRESAS

Neste capítulo, após uma breve introdução à abordagem principal deste trabalho, descrevem-se as principais etapas do processo de gestão de um sistema de biblioteca de ontologias, no contexto de um Virtual Breeding Environment. Seguidamente, define-se o sistema de biblioteca de ontologias, indicando os requisitos que se pretende que responda e o cenário de utilização. Apresenta-se ainda o sistema de registo de ontologias do sistema de biblioteca de ontologias, indicando as métricas utilizadas para ordenação das ontologias a quando da pesquisa à biblioteca, bem como o modelo definido para classificação das ontologias a registar e armazenar no sistema de biblioteca. Finalmente, referem-se as metodologias que podem apoiar o processo de composição de ontologias e apresenta-se o algoritmo desenvolvido e implementado para apoio ao processo de decomposição de ontologias, no contexto das Empresas Virtuais de um Virtual Breeding Environment.

5.1 Introdução

Sustentado na ideia de Constance Porter (2004) de que redes de relacionamentos inter-empresas, que são mediadas por tecnologia, podem ser conceptualizadas como comunidades virtuais, a abordagem central deste trabalho consiste numa situação de *Virtual Breeding Environment* (VBE) caracterizada essencialmente por uma rede Pequenas e Médias Empresas (PME) de uma área particular de negócio. Assim, baseado na conceptualização de um VBE constituído numa base de confiança mútua entre os seus membros e criado com objectivo de longa duração (Afsarmanesh e

5.1 INTRODUÇÃO

Camarinha-Matos, 2005; Bacquet *et al.*, 2004), pretende-se criar mecanismos/métodos sócio-técnicos que permitam suportar, de forma ágil, a formação e dissolução de Empresas Virtuais (EVs), criadas estas sim com o objectivo específico de fazer face a pontuais respostas a possibilidades promissoras de negócio, e por isso com um carácter mais temporário.

Assim, apresenta-se um modelo que permite suportar todo o processo de gestão do conhecimento e da informação envolvido no ciclo de vida de EVs inseridas num VBE, com destaque para as fases de formação e dissolução. Recorre-se à tecnologia de ontologias, como instrumento principal de gestão de conhecimento e de informação (ver a Figura 5.1 e Figura 5.2). Saliente-se que o VBE sofre alterações ao longo dos ciclos de vida das EVs (formação, operação/evolução e dissolução), processo a que Camarinha-Matos e Afsarmanesh (2007) chama de metamorfose.

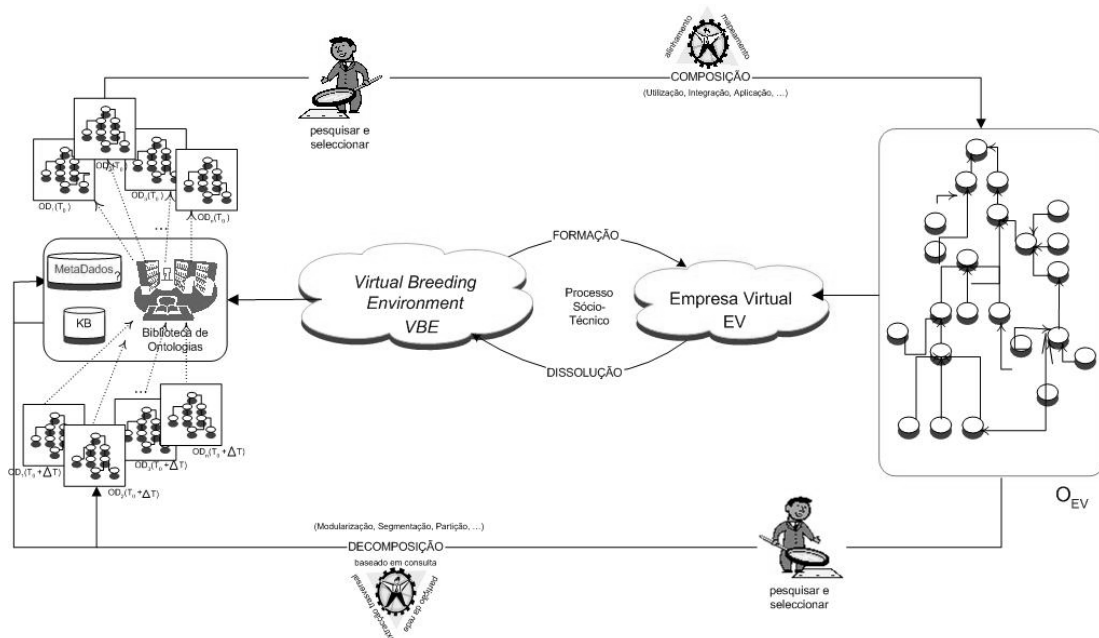


Figura 5.1 - Representação de alto nível do processo de formação e dissolução de uma EV no contexto de um VBE, mostrando as bases de conhecimento e as ontologias associadas.

Em traços gerais, o sistema de gestão do conhecimento do VBE contém uma biblioteca de ontologias de domínio, metadados e uma base de conhecimento. A quando do início do processo de formação de uma nova EV, haverá então que proceder-se à pesquisa e selecção na biblioteca do VBE, de ontologias relevantes e adequadas para suportar a operação da EV em formação. Seguir-se-á a construção de um ontologia global de domínio usando essas mesmas ontologias.

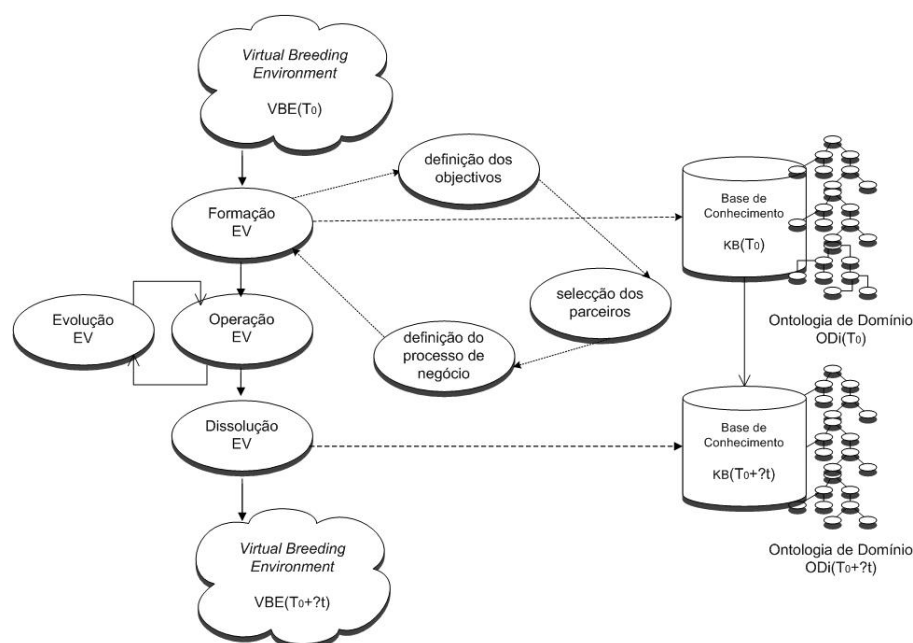


Figura 5.2 - Representação mais detalhada do processo de formação e dissolução de uma EV no contexto de um VBE.

O método apresentado neste capítulo é sustentado em metodologias já bem desenvolvidas e consolidadas nesta área de investigação, nomeadamente, ENTERPRISE Ontology (Uschold e King, 1995), TOVE (Grüninger e Fox, 1995), KACTUS (Bernaras *et al.*, 1996), METHONTOLOGY (Fernández-López *et al.*, 1999), CommonKADS (Staab *et al.*, 2001), DILIGENT (Vrandečić *et al.*, 2005), etc.. No entanto, verifica-se que as 3 primeiras metodologias, talvez por serem também as mais antigas, não abordam, nem sequer superficialmente, o problema da evolução de ontologias, pelo que não são relevantes para o nosso caso particular.

Além do mais, verifica-se ainda que qualquer das metodologias existentes, por si só, não consegue suportar de forma global e sustentada o processo de composição das ontologias que suportarão a operação de cada EV, a partir da biblioteca de ontologias do VBE. Por esse motivo, é definido um método com o objectivo de apoiar este processo. Este baseia-se essencialmente nas metodologias METHONTOLOGY e DILIGENT, mencionadas no parágrafo anterior e que foram detalhadas na secção 4.3.2 do capítulo 4. A METHONTOLOGY, apesar de tudo, a mais desenvolvida e normalmente recomendada pela FIPA (*Foundation for Intelligent Physical Agents*), inclui as seguintes etapas (Fernández-López *et al.*, 1999):

- Especificar o(s) requisito(s);
- Conceptualizar o domínio do conhecimento;
- Formalizar o modelo conceptual numa linguagem formal;

5.1 INTRODUÇÃO

- Implementar um modelo formal;
- Fazer a manutenção da ontologia implementada.

Esta metodologia destaca ainda como actividades de suporte, apesar de não as descrever com clareza, a aquisição do conhecimento, a integração, a avaliação, a documentação e a gestão da evolução. Dada a lacuna existente nesta metodologia, no que se refere ao tratamento e gestão da evolução de ontologias, o método proposto apoia-se também na única metodologia existente que a nosso ver trata esta questão com a profundidade necessária, a metodologia DILIGENT. Em 5.5.1 é apresentado o método proposto para suportar o processo de composição da ontologia global que suportará a EV, e a consequente gestão da evolução dessa mesma ontologia.

Convém no entanto também ressaltar, que o processo da construção da ontologia global poderá envolver técnicas de simples inclusão de ontologias, ou em situações mais complexas, mas também provavelmente mais frequentes, a integração ou união de ontologias, que poderá passar por técnicas de mapeamento ou alinhamento.

Nesta fase da composição da ontologia global define-se um método que embora baseado, como já referido, em metodologias existentes, reflecte alterações entendidas necessárias de forma a melhor se adequar ao nosso caso particular. Como é previsível, a EV formar-se-á, terá a sua ontologia de suporte ao seu funcionamento, mas em virtude dos objectivos iniciais da sua criação, e mesmo face a contingências de mercado, chegará o dia em que o seu tempo de vida cessará. Nesta fase, isto é, dissolução, mostra-se de extrema importância garantir o armazenamento do novo conhecimento gerado durante o seu funcionamento, por forma a que este possa ser reutilizado em EVs futuras.

Sobre esta fase do ciclo de vida das EVs, verificamos que o trabalho desenvolvido até ao momento é bastante escasso. Por esse motivo, foi objectivo, apesar do enquadramento da vida das EVs no seu ciclo normal, centrar este trabalho no desenvolvimento de um método que vise suportar de forma eficaz a decomposição do conhecimento da ontologia global em ontologias de domínios complementares, que serão usadas para actualizar a biblioteca do *Virtual Breeding Environment* (VBE). O modelo proposto consiste, em termos latos, na descrição detalhada das tarefas a levar a cabo para decompôr¹ a ontologia global em várias ontologias de domínios complementares, que em algumas situações poderão constituir ontologias actualizadas/transformadas de outras já existentes na biblioteca, e noutras situações, poderão ser novas ontologias de outros domínios complementares que irão ser adicionadas à biblioteca.

¹ Conceitos considerados como similares, são por exemplo, modularizar, partir, segmentar, etc.

Do pouco trabalho desenvolvido e dado a conhecer nesta área, os métodos seguidos baseiam-se essencialmente na partição em rede, na realização de consultas, e mais recentemente, na segmentação “atravessada” (Maedche *et al.*, 2002, 2003a; Noy e Musen, 2004b; Pinto *et al.*, 1999; Rector, 2002, 2003; Stuckenschmidt e Klein, 2004). Assim, levou-se a cabo um estudo detalhado destes métodos, verificando as suas lacunas e falhas, para posteriormente desenvolver um método que permite responder (e suportar) de forma mais eficiente e abrangente às necessidades da decomposição de uma ontologia (global) em várias, na situação particular da dissolução de uma Empresa Virtual.

Partindo do princípio que o processo de decomposição da ontologia gera metadados, isto é, informação contextual, outra tarefa de salientar, e que é também objectivo deste trabalho de investigação, consiste em elaborar um método para a classificação de ontologias (numa biblioteca de ontologias), de forma a permitir a sua pesquisa e selecção de acordo com as necessidades de uma Empresa Virtual (EV) futura. Com a sistematização deste processo, contribuir-se-á assim para o enriquecimento cíclico, dinâmico e ágil da biblioteca do *Virtual Breeding Environment* (VBE) e, simultaneamente, para as competências geradas em cada EV constituída.

5.2 Descrição do Processo

O processo de compor a ontologia global a usar na Empresa Virtual (EV) e posteriormente decompor a ontologia resultante em várias, quando a EV cessa, permitindo a sua classificação e armazenamento na biblioteca de ontologias do *Virtual Breeding Environment* (VBE), consiste basicamente em 5 etapas (ver Figura 5.3):

PESQUISA (Pesquisar por ontologias no VBE) - O objectivo é encontrar algumas ontologias especialmente relevantes para reutilização. É necessário definir o modelo a seguir na pesquisa (por palavra-chave, por metadados, usando consultas baseadas na estrutura, com base em avaliações feitas, etc.).

SELECÇÃO (Seleccionar as ontologias relevantes) - O objectivo é produzir uma lista ordenada de ontologias de domínios (conceitos) e respectiva hierarquia, com base em métricas de avaliação adoptadas.

COMPOSIÇÃO (Compor a ontologia da EV) - O objectivo é construir a ontologia global de alto-nível que vai ser a ontologia principal de suporte ao funcionamento da EV. É assim necessário decidir por técnicas de integração (união, inclusão, mapeamento, alinhamento, etc), que permitam a construção da ontologia global usando ontologias ou partes das

ontologias seleccionadas na etapa anterior, de forma a obter uma maior representação do domínio para os conceitos em questão.

DECOMPOSIÇÃO (Decompor a ontologia da EV) - O objectivo é partir a ontologia de domínio resultante da EV em várias ontologias de domínios complementares, por forma a facilitar a sua posterior selecção para reutilização em outras EVs. É, neste caso, necessário decidir por técnicas mais adequadas para fazer a segmentação da ontologia global, de forma a extrair as ontologias reutilizadas alteradas e outros segmentos de outros domínios complementares de interesse. Será necessário definir os critérios adequados para a segmentação da ontologia, por exemplo, com base no tamanho, domínio, pesos dos conceitos, utilização de conceitos, etc.

CLASSIFICAÇÃO (Classificar e armazenar as ontologias no VBE) - O objectivo é classificar as ontologias de domínios complementares resultantes da segmentação, por forma a permitir o seu adequado armazenamento na biblioteca de ontologias do VBE, e assim, facilitar a posterior pesquisa a quando da necessidade de formação de uma nova EV e consequente ontologia global de domínio. Esta tarefa consiste em actualizar a meta-ontologia.

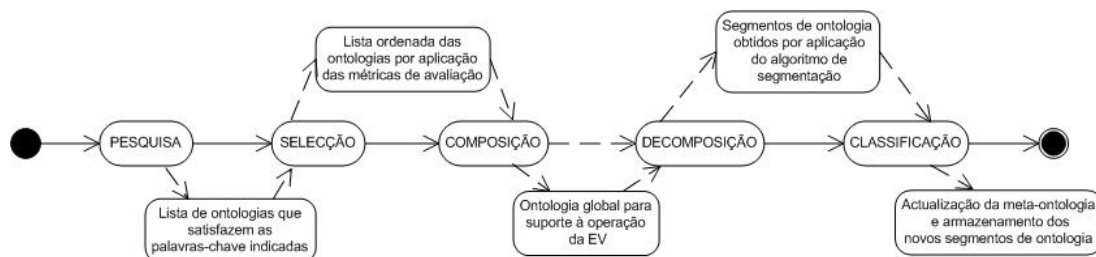


Figura 5.3 - Modelo do processo de composição e decomposição de ontologias.

5.3 Sistema de Biblioteca de Ontologias

A gestão de múltiplas ontologias envolve, normalmente, tarefas como (Noy e Musen, 2004a; Noy *et al.*, 2004):

- Manutenção de bibliotecas de ontologias - proporcionar informação pertinente acerca de cada ontologia, tal como os seus autores, o domínio, e documentação; proporcionar capacidades de pesquisa (que pode ser por palavra-chave, baseada na forma, por padrões baseados no conhecimento, etc); e permitir navegação (gráfica) pelas ontologias.

- Ordenação de ontologias – permitir aos utilizadores recolher informação sobre a qualidade e relevância das ontologias, a partir dos utilizadores destas e de fontes de conhecimento.
- Importação e reutilização de ontologias - permitir aos utilizadores estender e personalizar ontologias desenvolvidas por outros.
- Conversão de ontologias de um formalismo para outro - assegurar a interoperabilidade das ferramentas de desenvolvimento de ontologias, proporcionando conversores e mecanismos de importação/exportação para ontologias desenvolvidas usando diferentes ferramentas.
- Suporte na gestão de versões de ontologias - proporcionar mecanismos para armazenar e identificar várias versões da mesma ontologia e realçar as diferenças entre elas.
- Especificação de regras de transformação entre diferentes ontologias e versões - permitir a transformação dos dados de uma instância de uma ontologia para outra ontologia.
- União de ontologias - Criar uma nova ontologia que incorpore informação de várias ontologias fonte.
- Alinhamento e mapeamento entre ontologias - Definir correspondências entre conceitos e relações de diferentes ontologias.
- Extração de partes de ontologias - Analisar as dependências e deixar os utilizadores extrair conjuntos de conceitos e relações como uma sub-ontologia.
- Suporte de inferência sobre múltiplas ontologias - Usar mapeamentos definidos entre ontologias para suportar a inferência através de várias ontologias.
- Suporte de consulta sobre múltiplas ontologias - Usar mapeamentos para suportar consultas a uma ontologia posicionada em termos de outra.

Baseado nestas tarefas gerais, apresenta-se a seguir a especificação de requisitos e o cenário de utilização do Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO), para gestão das múltiplas ontologias constituintes da base de conhecimento de um *Virtual Breeding Environment* (VBE).

5.3.1 Requisitos

De acordo com Ding e Fensel (2001), um sistema de biblioteca de ontologias deve ser um sistema que oferece várias funções para gestão, adaptação, e normalização de grupos de ontologias. Deve ainda ser um sistema facilmente acessível e oferecer suporte eficiente para a reutilização das ontologias existentes e normalização destas, baseado em ontologias de alto-nível e linguagens de representação de ontologias. Neste sentido, a especificação do Sistema de Biblioteca de Ontologias

(SBO) do VBE seguirá como linha de orientação essencialmente 3 funções gerais (requisitos). As respectivas tarefas envolvidas e questões a que pretendem dar resposta o cumprimento de cada tarefa, são descritas na Tabela 5.1. As funções são:

- Gestão - deve facilitar a reutilização do conhecimento (composição e decomposição de ontologias).
- Adaptação - deve facilitar a tarefa de extensão e actualização (evolução de ontologias).
- Normalização - deve seguir normas, como seja, linguagens de representação de ontologias, taxonomias ou estruturas de ontologias.

Funções	Tarefas	Questões a satisfazer
Gestão	Armazenamento	As ontologias são facilmente acessíveis suportando acesso remoto e edição? As ontologias estão classificadas de acordo com determinadas categorias? As ontologias estão armazenadas em módulos? (isto facilitará o processo de reutilização, mapeamento e integração)
	Identificação	Como identificar de forma única uma ontologia? (cada ontologia deverá ter um identificador único na biblioteca)
	Controlo de versões	Como manter as alterações das ontologias? (o controlo de versões é muito crítico em assegurar a consistência entre diferentes versões de ontologias)
Adaptação	Pesquisa	O sistema da biblioteca proporciona certas facilidades de pesquisa, como por palavra-chave ou pesquisa avançada? É esta uma função de navegação adequada?
	Edição	Como é que o sistema suporta a função de edição de ontologias? Como adicionar, apagar e editar ontologias específicas?
	Raciocínio	Como é que o sistema suporta a avaliação e verificação de ontologias? É possível um comportamento de pergunta-resposta?
Normalização	Linguagem	O sistema suporta apenas 1 linguagem <i>standard</i> ou mais?
	Ontologia de alto-nível	O sistema é baseado em ontologias de alto-nível existentes, tais como, <i>Upper Cyc Ontology</i> , SENSUS, etc.? A ontologia de alto-nível captura e modela os conceitos básicos, e o conhecimento que pode ser re-utilizado na criação de novas ontologias e na organização de bibliotecas de ontologias?

Tabela 5.1 - Principais funções de um Sistema de Biblioteca de Ontologias (baseado em Ding e Fensel (2001)).

Seguindo estes requisitos gerais de orientação na especificação de um SBO de Ding e Fensel (2001), e baseado nos objectivos esperados da abordagem que se pretende com este trabalho, podemos dizer que essencialmente o SBO do VBE deverá ser suportado nos seguintes componentes infra-estruturais de ontologias (Korpilahti, 2004; Maedche *et al.*, 2003b):

- **Registo** - deverá proporcionar meios para a pesquisa e localização das ontologias existentes no VBE.
 - Pesquisa: são necessários mecanismos que suportem facilidades de pesquisa e navegação das ontologias do SBO, nomeadamente da meta-ontologia.
 - Selecção: são necessários mecanismos que suportem a avaliação (baseado na estrutura e nas classes), verificação, e consequente ordenação das ontologias encontradas no SBO (métricas de avaliação).
 - Identificação: são necessários mecanismos que garantam a identificação única de cada ontologia de domínio.
- **Reutilização** - deverá proporcionar meios para a reutilização das ontologias existentes no VBE.
 - Composição: são necessários mecanismos que suportem o alinhamento (ou inclusão ou mapeamento) automático das várias ontologias (segmentos) consideradas relevantes, isto é, edição da ontologia de domínio global com vista a suportar a EV.
 - Linguagem: pretende-se que o sistema suporte apenas a linguagem *standard* OWL recomendada pelo W3C (*World Wide Web Consortium*).
- **Evolução** - deverá proporcionar métodos que suportem uma adequada e consistente evolução das ontologias existentes no VBE e resultantes de cada EV dissolvida (decomposição).
 - Manutenção: são necessários mecanismos que suportem a adição de novas ontologias (segmentos), e a criação e actualização da meta-ontologia e da ontologia de domínios do SBO.
 - Decomposição: são necessários mecanismos que suportem a extracção das ontologias (segmentos) adequadas, a partir da ontologia global resultante de cada EV.
 - Armazenamento: são necessários mecanismos que suportem a classificação e registo adequado das ontologias (segmentos) de domínio, a adicionar ao SBO.
 - Controlo de versões: são necessários mecanismos que permitam manter o controlo das versões das ontologias (identificação de várias versões da mesma ontologia (segmento) e informação sobre as alterações relevantes entre cada versão).

5.3.2 Cenário de Utilização

Consideremos o cenário de um VBE que detém um SBO para gestão e armazenamento do conhecimento criado em cada EV. Deste modo, consideremos uma infraestrutura baseada num servidor de ontologias, cuja tarefa consiste em armazenar e manter as ontologias de cada EV durante a sua operação, e armazenar e manter os segmentos de ontologias identificados e extraídos em cada EV extinta, bem como, a meta-informação associada (ver a Figura 5.4 e Figura 5.5).

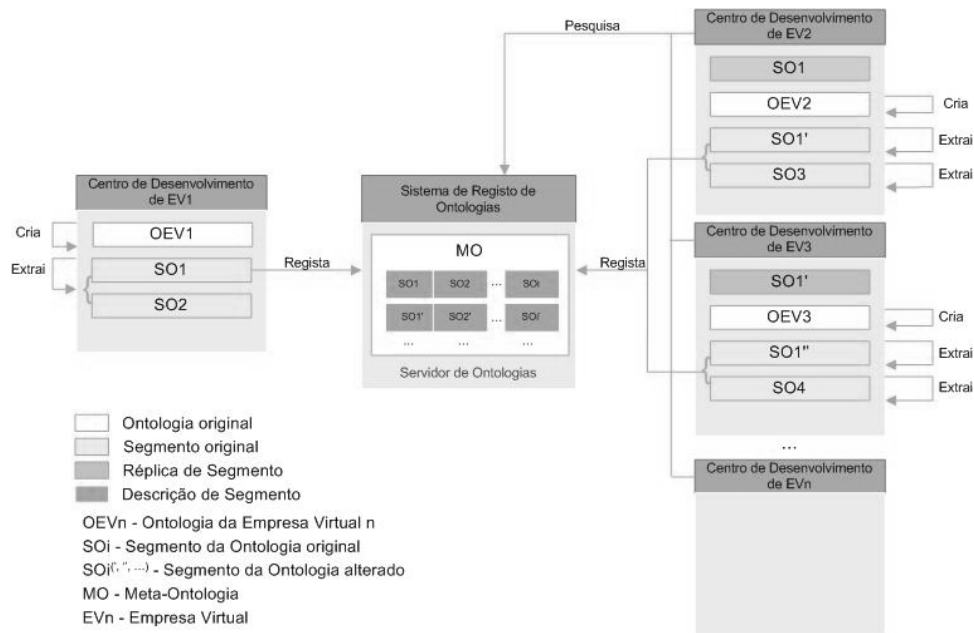


Figura 5.4 - Cenário de utilização do SBO do VBE.

Neste cenário, o servidor de ontologias do SBO inclui um Sistema de Registo de Ontologias (SRO) que gere a classificação e actualização da base de conhecimento de ontologias, através de uma Meta-Ontologia (MO), à qual deverá ser adicionada meta-informação relevante sobre a ontologia que se pretenda registar no SRO.

Deste cenário, fazem também parte os Centros de Desenvolvimento (CDO) de cada EV em formação, cujas funções envolvem:

- A pesquisa ao SRO e decisão sobre a selecção da(s) ontologia(s) mais relevantes para o domínio de interesse da EV em causa;
- A composição da ontologia global para suporte à operação da EV em formação;
- A decomposição, na fase de dissolução da EV, da ontologia global resultante;
- A classificação dos segmentos de ontologia obtidos, de acordo com os domínios indicados na Ontologia de Domínio (OD) também armazenada no SBO do VBE, e respectivo registo no SRO.

Considerando um cenário de utilização n , imaginemos que durante a formação da EV_n , o Centro de Desenvolvimento (CDO) pesquisa nas descrições guardadas (MO), no SRO, por segmentos de ontologias que sejam adequados para serem reutilizados na composição da ontologia global de suporte à sua operação. Após selecção dos segmentos de ontologia de interesse para reutilização, desenvolve a ontologia global OEV_n .

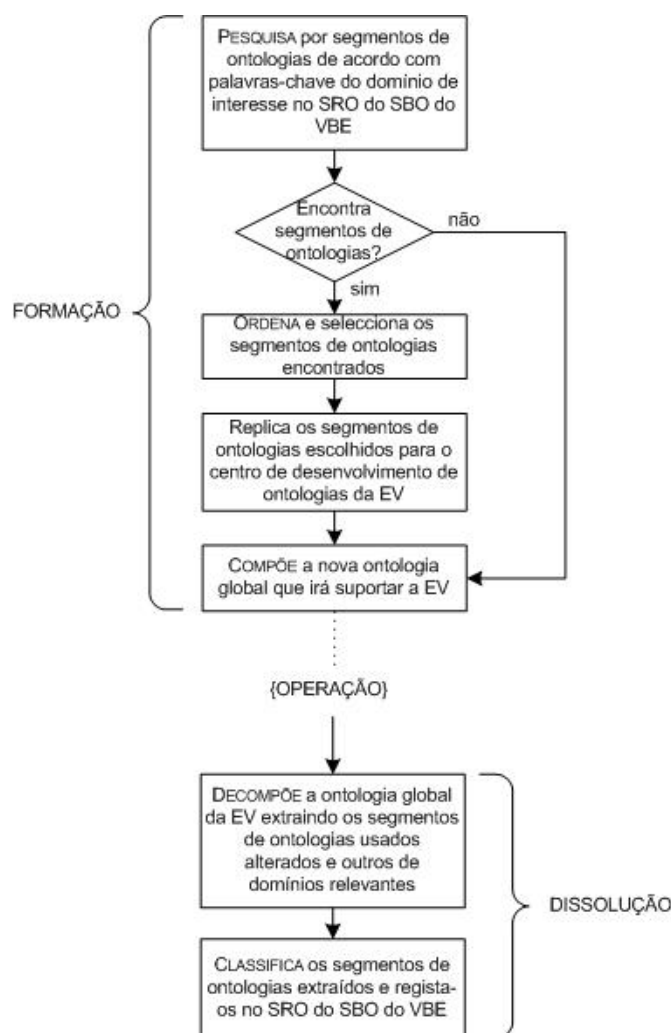


Figura 5.5 - Fluxograma do processo de composição e decomposição de ontologias.

Após cessar a operação da EV_n , são extraídos um ou mais segmentos SO_i ($i = 1, 2, \dots$). São extraídos os segmentos de ontologia que foram reutilizados na OEV_n e que sofreram alterações, mas também outros que se revelem de domínios de interesse de acordo com a OD. Para registar os segmentos de ontologia obtidos no SRO, o CDO da EV_n classifica-os previamente através da MO e com base nos domínios definidos na OD. Finalmente, procede ao seu respectivo armazenamento

no SBO. De notar que OEV_n não é armazenada no SBO do VBE. Neste, são armazenados apenas os segmentos de ontologias resultantes de cada EV e os metadados acerca dos mesmos.

O cenário descrito repete-se de forma idêntica a cada nova formação de uma EV. À medida que se forem formando mais EVs, e consequentemente novas ontologias para suportar a gestão do conhecimento nestas, é provável que o desenvolvimento de cada nova ontologia reutilize vários segmentos de ontologia, cuja meta-informação é armazenada no SRO. Assim, o processo de decomposição terá várias fases, isto é, uma por cada segmento de ontologia reutilizado no desenvolvimento da nova ontologia, mais as necessárias para encontrar novos segmentos considerados de interesse em domínios complementares, de acordo com a Ontologia de Domínio.

5.4 Sistema de Registo de Ontologias

No que diz respeito ao Sistema de Registo de Ontologias (SRO), a Meta-Ontologia (MO) consistirá na descrição dos segmentos de ontologias de domínio. Esta descrição deverá conter a informação relevante, de forma a permitir posteriormente a selecção dos segmentos de ontologias adequados para reutilização e integração no desenvolvimento de novas ontologias, a cada formação de uma nova Empresa Virtual (EV). O formato usado para especificar, quer os segmentos de ontologias, quer os metadados, será OWL.

5.4.1 Ordenação

A pesquisa ao Sistema de Registo de Ontologias (SRO) é feita baseado nas classes (Korpilahti, 2004; Maedche *et al.*, 2003a; Maedche *et al.*, 2003b) - especificando condições de pesquisa, por exemplo, termos relevantes que a ontologia deverá conter. Posteriormente, a selecção é feita combinando uma avaliação baseada nas classes com uma avaliação baseada na estrutura – informação sobre o grau de utilização a que as ontologias em causa foram sujeitas ou sobre o grau de relacionamento que tiveram com outras, pode ser tido em consideração.

Inspirado nos trabalhos de Buitelaar *et al.* (2004) e Alani e Brewster (2005, 2006), definimos um conjunto de métricas a ter em conta na avaliação e consequente ordenação de cada conjunto de segmentos de ontologia, obtidos por pesquisa ao Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO) durante a formação de cada Empresa Virtual (EV).

Assim, ao conjunto de segmentos de ontologia obtidos em cada pesquisa feita ao SBO, de acordo com determinada palavra-chave do domínio de interesse, determina-se a Avaliação Parcial (AP). Estes valores são obtidos aplicando a métrica Avaliação Parcial (AP), que por sua vez é calculada com base nos resultados das métricas: “Cobertura” (MCB), “Compleitude” (MCP),

“Representatividade” (MRP) e “Proximidade” (MPR). Estas 4 métricas baseiam-se nos termos de domínio de interesse para a EV em formação (palavra(s)-chave). A avaliação de cada conjunto de segmentos de ontologia obtido durante a fase de PESQUISA (ver Figura 5.3) pode ser ainda complementado com informação de outras duas métricas, baseadas na estrutura, e calculadas na fase de DECOMPOSIÇÃO. Assim, a cada segmento de ontologia, obtido durante a dissolução de cada EV, aplica-se a métrica “Utilização” (MUT). O resultado é guardado na MO para objectivo de classificação de cada segmento. Ainda, a cada segmento obtido nesta fase, aplica-se a métrica “Relacionamento” (MRL) para identificação do número de ontologias (segmentos) que importa e que a importam. Esta informação é também armazenada na MO. Na fase de SELECÇÃO, o resultado obtido da Avaliação Parcial (AP), conjuntamente com a informação dos valores de MUT e de MRL, permitirá seleccionar, de uma forma mais fundamentada, a ontologia que mais se adequa. Em casos que se julguem relevantes, a decisão pode ainda ser complementada com outra informação constante da MO (ver Figura 5.6).

De salientar que as duas últimas métricas (MRL e MUT) não são calculadas em simultâneo com as outras 4 métricas que dão resultado à AP, dado o facto dos segmentos de ontologia, obtidos em cada dissolução de uma EV, serem armazenados sem as instâncias utilizadas. Também, devido ao facto de a informação necessária para cálculo da MRL ser entretanto perdida com a eliminação da ontologia global da respectiva EV. A justificação para este procedimento é feita na secção 5.5.2.

A descrição formal do cálculo de todas as métricas usadas nesta abordagem é apresentada em seguida:

Cobertura - Para um domínio particular, quantos termos são cobertos por classes no segmento de ontologia? É medida pelo número de nomes (*labels*) para as classes que podem ser relacionados com os termos pesquisados.

Definição 1: Seja $C[o]$ o conjunto de classes no segmento de ontologia o , e T o conjunto de termos pesquisados. $MCB(o)$ é a Medida de Cobertura para o segmento de ontologia o , definida por:

$$MCB(o) = \alpha E(o, T) + \beta P(o, T)$$

$$E(o, T) = \sum_{c \in C[o]} \sum_{t \in T} I(c, t), \quad \text{com } I(c, t) = \begin{cases} 1 & \text{se } nome(c) = t \\ 0 & \text{se } nome(c) \neq t \end{cases}$$

$$P(o, T) = \sum_{c \in C[o]} \sum_{t \in T} J(c, t), \quad \text{com } J(c, t) = \begin{cases} 1 & \text{se } nome(c) \text{ contém } t \\ 0 & \text{se } nome(c) \text{ não contém } t \end{cases}$$

onde,

$E(o, T)$ = número total de nomes de classes $nome(c)$ do segmento de ontologia o , exactamente iguais aos termos t pesquisados;

$P(o, T)$ = número total de nomes de classes $nome(c)$ do segmento de ontologia o , parcialmente iguais (o nome da classe contém o termo) aos termos t pesquisados;

α e β são factores peso, tal que $\alpha + \beta = 1$ (uma coincidência exacta é preferida sobre uma coincidência parcial, se $\alpha > \beta$).

Compleitude - Para um domínio particular, e para as classes que cobrem os termos pesquisados, qual o grau de detalhe que o segmento de ontologia representa? É medida pelo número de propriedades relativas às classes em questão, no pressuposto que ontologias mais completas têm maior número de propriedades.

Definição 2: Seja $C^*[o]$ o conjunto de classes no segmento de ontologia o exactamente e parcialmente iguais aos termos pesquisados, e T o conjunto de termos pesquisados. $MCP(o)$ é a Medida de Compleitude para o segmento de ontologia o , definida por:

$$MCP(o) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n mcp(c_k)$$

$$mcp(c_k) = \sum_{i=1}^4 w_i S_i(c_k), \quad \text{para } c_k \in C^*[o]$$

onde,

$$n = E(o, T) + P(o, T);$$

$$S_1(c_k) = \text{número total de relações existentes (object property) com a classe } c_k;$$

$$S_2(c_k) = \text{número total de super-classes da classe } c_k;$$

$$S_3(c_k) = \text{número total de sub-classes da classe } c_k;$$

$$S_4(c_k) = \text{número total de classes parentes da classe } c_k;$$

$$w_i \text{ são factores peso, tal que } \sum_{i=1}^4 w_i = 1.$$

Representatividade – Para um domínio particular e para as classes que cobrem os termos pesquisados, qual o grau de representatividade no segmento de ontologia? É medida a centralidade

das classes no segmento de ontologia, no pressuposto que se uma classe tem um alto valor de “*betweenness*” no segmento de ontologia, então essa classe é central ao segmento de ontologia.

Definição 3: Seja $C^*[o]$ o conjunto de classes no segmento de ontologia o exactamente e parcialmente iguais aos termos pesquisados, $C[o]$ conjunto de classes no segmento de ontologia o , e T o conjunto de termos pesquisados. $MRP(o)$ é a Medida de Representatividade para o segmento de ontologia o , definida por:

$$MRP(o) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n mrp(c_k)$$

$$mrp(c_k) = \sum_{\substack{c_i, c_j \in C[o] \\ c_i \neq c_j \neq c_k}} \frac{\sigma_{c_i c_j}(c_k)}{\sigma_{c_i c_j}}, \text{ para } c_k \in C^*[o]$$

onde,

$$n = E(o, T) + P(o, T);$$

$$\sigma_{c_i c_j} = \text{caminho mais curto de } c_i \text{ a } c_j;$$

$$\sigma_{c_i c_j}(c_k) = \text{número de caminhos mais curtos de } c_i \text{ a } c_j \text{ que passam por } c_k.$$

Proximidade – Para um domínio particular, e para as classes que cobrem os termos pesquisados, qual é o grau de proximidade entre elas? É medida a similaridade entre as classes com base na distância entre elas, no pressuposto que segmentos de ontologias em que as classes encontradas estão longe umas das outras têm menos probabilidade de representar o conhecimento de uma forma coerente e profunda. As ligações podem ser relacionamentos isA (*datatype property*) ou propriedades objecto (*object property*).

Definição 4: Seja $C^*[o]$ o conjunto de classes no segmento de ontologia o exactamente e parcialmente iguais aos termos pesquisados, e T o conjunto de termos pesquisados. $MPR(o)$ é a Medida de Proximidade para o segmento de ontologia o , definida por:

$$MPR(o) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n mpr(c_i, c_j)$$

$$mpr(c_i, c_j) = \begin{cases} \frac{1}{\sigma_{c_i c_j}} & \text{se } i \neq j \\ 0 & \text{se } i = j \end{cases}, \text{ para } c_i, c_j \in C^*[o]$$

$$m = \sum_{k=1}^{n-1} k$$

onde,

$$n = E(o, T) + P(o, T);$$

$\sigma_{c_i c_j}$ = caminho mais curto de c_i a c_j .

Avaliação Parcial – A avaliação parcial de um segmento de ontologia é obtida da agregação das 4 métricas (cobertura, completude, representatividade e proximidade) aplicadas a todos os segmentos de ontologia obtidos da pesquisa, tendo em conta os seus pesos, que são usados para determinar a importância de cada métrica na ordenação dos segmentos de ontologia.

Definição 7: Seja O o conjunto de todos os segmentos de ontologia o a ordenar. AP é a Avaliação Parcial de cada segmento de ontologia o pertencente a O , definida por:

$$AP(o) = \frac{w_1 MCB(o) + w_2 MCP(o) + w_3 MRP(o) + w_4 MPR(o)}{M}, \quad o \in O$$

$$M = \max_{o \in O} \{\max\{MCB(o), MCP(o), MRP(o), MPR(o)\}\}$$

onde,

w_1, w_2, w_3, w_4 são factores peso, tal que $w_1 + w_2 + w_3 + w_4 = 1$.

Relacionamento – O segmento de ontologia está ligado a outros segmentos de ontologias? Como é estabelecido esse relacionamento? É medida pelo número de segmentos de ontologias importadas, e pelo número de segmentos de ontologias que importam o segmento de ontologia sob consideração.

Definição 5: Seja $I(o)$ o número total de ontologias importadas pelo segmento de ontologia o e $QI(o)$ o número total de segmentos de ontologia que importam o segmento de ontologia o . $MRL(o)$ é a Medida de Relacionamento para o segmento de ontologia o , definida por:

$$MRL(o) = \varphi I(o) + \lambda QI(o)$$

onde,

φ e λ são factores peso, tal que $\varphi + \lambda = 1$.

Utilização – Qual o grau de utilização do segmento de ontologia? É medida pelo número de instâncias das classes coincidentes, exactamente ou parcialmente, com os termos pesquisados.

Definição 6: Seja $CE[o]$ o conjunto de classes exactamente iguais aos termos pesquisados, $CP[o]$ o conjunto de classes parcialmente iguais aos termos pesquisados, e T o conjunto de termos pesquisados. $MUT(o)$ é a Medida de Utilização para o segmento de ontologia o , definida por:

$$MUT(o) = \frac{1}{n} \left(\mu \sum_{ce_k \in CE^+[o]} V(ce_k) + \delta \sum_{cp_k \in CP^+[o]} V(cp_k) \right)$$

onde,

$$n = E(o, T) + P(o, T);$$

$$V(ce_k) = \text{número total de instâncias da classe } ce;$$

$$V(cp_k) = \text{número total de instâncias da classe } cp;$$

μ e δ são factores peso, tal que $\mu + \delta = 1$.

Esta análise produzirá a ordenação dos segmentos de ontologia recuperados, sendo os resultados devolvidos ao utilizador na forma de um ficheiro em formato CSV (*Comma Separated Values*) contendo os URIs (*Unified Resource Identifiers*) dos segmentos de ontologia associados à classificação das mesmas. As métricas MRL e MUT são consideradas como complemento ao resultado da Avaliação Parcial (AP), e por isso analisadas separadamente para a tomada de decisão na escolha do segmento de ontologia mais relevante, para o contexto particular da Empresa Virtual em formação.

5.4.2 Classificação

É importante que cada segmento de ontologia seja extensivamente documentado, isto é, informação de como a ontologia foi construída, recomendações de como proceder para fazer extensões à ontologia, qual a política de nomeação seguida, quais os princípios e funções organizacionais, etc.

Assim, por forma a permitir uma classificação adequada dos segmentos de ontologia a quando do registo no Sistema de Registo de Ontologias (SRO), os segmentos de ontologia serão classificados através da Meta-Ontologia (MO), por (ver Figura 5.6):

- Identificador (ID)
- Nome
- OntologiaEV
- Empresa Virtual
- Língua (a biblioteca só aceitará ontologias na língua inglesa)
- Linguagem de representação (a biblioteca só aceitará ficheiros OWL)
- Domínio
- Palavra-Chave
- Resumo
- N° de Classes
- N° de Propriedades
- N° de Instâncias
- MUT (Medida de Utilização)
- Ontologias que reutiliza
- Ontologias que importa
- N° ontologias importadas
- N° ontologias reutilizadas
- MRL (Medida de Relacionamento)
- Localização (URI Lógico e URI Físico da ontologia global)
- Versão
- Data de Registo
- Avaliação (Estado de desenvolvimento, Correção, Lacunas)

Inspirado em El-Diraby *et al.* (2005), desenvolveu-se uma abordagem para classificação dos segmentos de ontologia, de acordo com o conhecimento contido, por forma a permitir que os desenvolvedores de ontologias e os utilizadores sejam capazes de consultar os segmentos de ontologia registados, baseado nos conceitos que incluem. Assim, a escolha da palavra-chave que caracterizará cada um dos segmentos de ontologia, será a correspondente à designação da classe-alvo que lhe dá origem durante o processo de decomposição (obtenção dos segmentos actualizados).

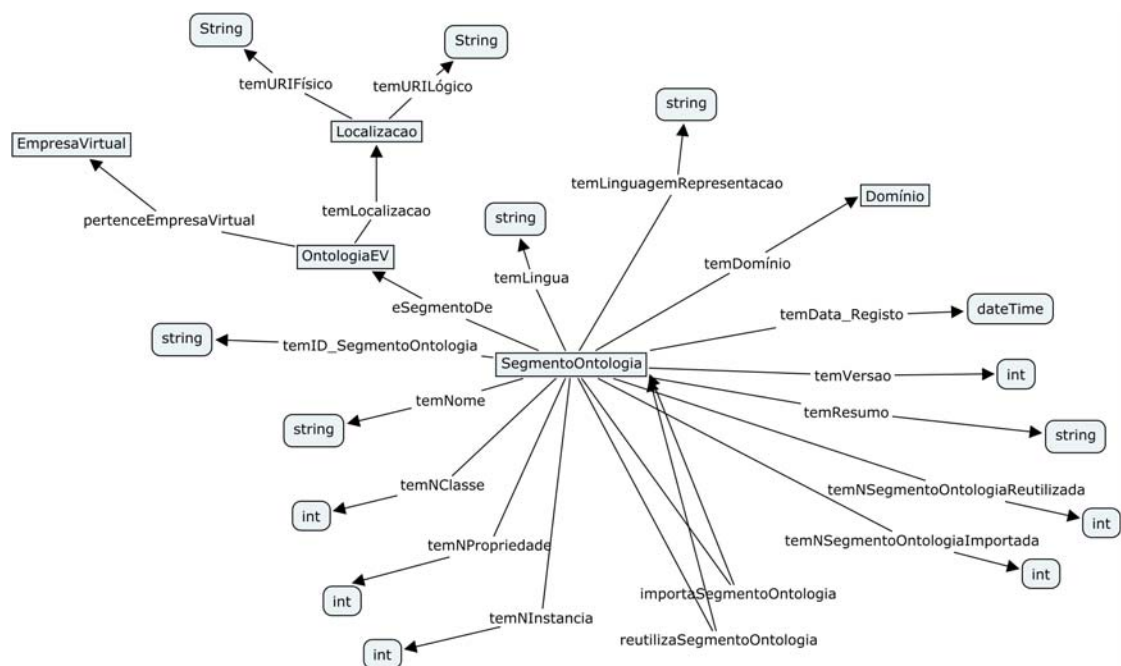


Figura 5.6 - Mapa de conceitos da Meta-Ontologia.

É também criada uma Ontologia de Domínio (OD) (ver Figura 5.7), que permite uma descrição estruturada e formal de cada EV, incluindo a identificação da ontologia global (OEV n) de suporte e o respectivo domínio de negócio. O principal objectivo desta Ontologia de Domínio, é normalizar a definição dos domínios durante a classificação de cada segmento de ontologia a registar no SRO.

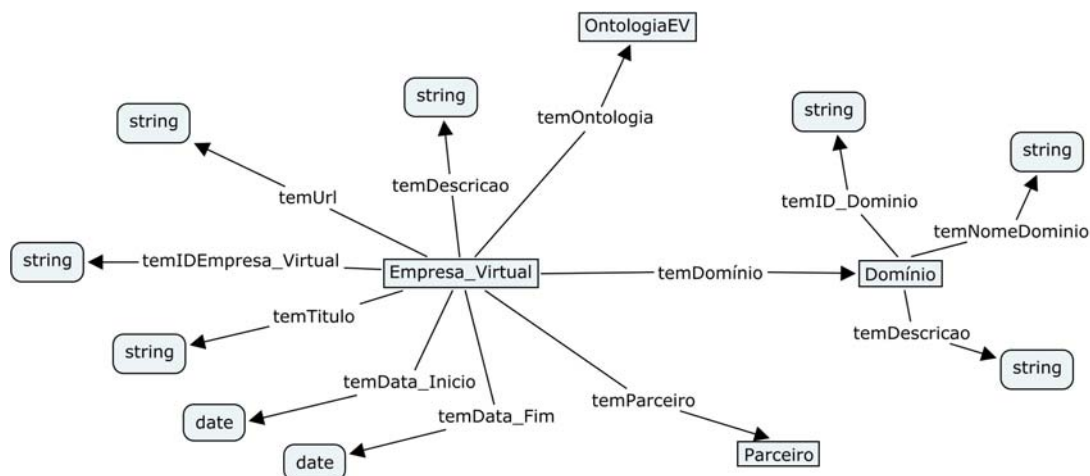


Figura 5.7 - Mapa de conceitos da Ontologia de Domínio.

A questão da avaliação da qualidade dos segmentos de ontologia a registar no SBO, por cada uma das EVs, requer a definição de um quadro conceptual de consenso comum adequado. Neste trabalho, esta questão não será desenvolvida, no entanto, uma das abordagens mais referida é a de Visser e Bench-Capon (1998). Segundo estes autores, duas das questões chave a ter em conta na comparação de ontologias são (1) as prioridades dos tipos de conhecimento distinguidos nas ontologias, e (2) o nível de abstracção das ontologias (na qual os conceitos e relações são definidos): um compromisso entre o abstracto (reutilizável) e uma ontologia detalhada (não reutilizável) é necessário para a construção de bibliotecas de ontologias.

5.5 Reutilização das Ontologias

Neste trabalho, não sendo objectivo definir um método detalhado para reutilização das ontologias do Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO), dado que cada Empresa Virtual (EV) terá as suas necessidades particulares, pretende-se no entanto indicar directrizes para melhor orientar e suportar esse processo. Para permitir o suporte na resolução de heterogeneidades semânticas entre os modelos (ontologias), isto é, permitir a união, integração ou reutilização de ontologias ter-se-á que recorrer a técnicas mais complexas do que a simples inclusão, como é o mapeamento ou alinhamento. Assim, recorreu-se ao suporte em algumas metodologias já bem consolidadas de construção de ontologias e especificou-se um modelo genérico a ser seguido como linha de orientação na composição da ontologia global de cada EV.

No entanto, convém desde já salientar, que nesta abordagem considera-se que apenas serão utilizados na construção de cada ontologia global de suporte a determinada EV, segmentos de ontologias constantes do SBO do VBE. Pelo que, assim sendo, considera-se apenas um bloco de construção, isto é, ontologias disponíveis dentro do mesmo servidor de ontologias (servidor do SBO).

No entanto, a solução mais prática na reutilização das ontologias parece ser replicá-las localmente, e então integrá-las na nova ontologia em desenvolvimento. No entanto, isto introduz problemas significativos na gestão da evolução e manutenção da consistência das ontologias. É com o objectivo de colmatar este inconveniente, que se propõe, após a dissolução de cada EV, fazer-se a segmentação das ontologias que integraram a ontologia global e actualizar as ontologias originais, e respectivos metadados no Sistema de Registo de Ontologias (SRO). Trata-se, assim, de um processo de evolução que requer a associação de metadados com cada segmento de ontologia.

5.5.1 Composição

O modelo proposto para composição da ontologia global que suportará a operação de cada EV, divide-se essencialmente em duas etapas: (1) Construção da Ontologia, e (2) Evolução da Ontologia (ver Figura 5.8). A primeira etapa envolve as actividades afectas à Especificação, Conceptualização, Formalização e Implementação (baseada essencialmente na metodologia METHONTOLOGY (Fernández-López *et al.*, 1999)). A segunda etapa envolve as actividades relacionadas com a Adaptação, Análise e Revisão. Esta segunda etapa, é baseada essencialmente na metodologia DILIGENT (Vrandecic *et al.*, 2005).

Construção da Ontologia

A construção da ontologia global inicial de cada EV envolve quatro actividades sequenciais, conforme mencionado no parágrafo anterior. Durante a fase de especificação, os responsáveis pela especificação da arquitectura de informação da EV definem os requisitos de gestão do conhecimento da futura EV.

A partir destes requisitos, inicia-se a fase de conceptualização, que é apoiada por pesquisas no SBO do VBE, por ontologias no domínio de interesse. Esta fase envolve o esboço da ontologia, como resultado da integração ou união dos segmentos de ontologia seleccionados do SBO do VBE, na fase de especificação. Constrói-se um modelo conceptual da ontologia de domínio global usando mapas de conceitos, suportados, por exemplo, pela ferramenta CmapTools. A fase de conceptualização envolve, ainda, a análise de questões de competência e a revisão da ontologia pelos engenheiros de conhecimento. Isto, permite completar a ontologia com as relações adequadas entre os conceitos, e definir algumas propriedades antes de a exportar para a linguagem formal OWL.

A escolha da utilização de mapas de conceitos, para desenho do modelo conceptual de cada ontologia global, recai sobre o facto de permitir um tipo de representação natural, quer para utilizadores, especialistas de domínio ou engenheiros de conhecimento, dado terem um tipo de rede conceptual para representar o conhecimento nas suas mentes (Gómez-Gauchía *et al.*, 2004). Dado que o SBO apenas suporta ontologias no formato OWL, cada ontologia global deve também ser formalizada na mesma linguagem, de forma a permitir a sua posterior decomposição. Para auxiliar esta tarefa, usa-se o software COE (*Collaborative Ontology Development*), que permite exportar um mapa de conceitos para OWL.

Na fase de formalização, usando a ferramenta PROTÉGÉ, a ontologia global da EV é refinada, podendo serem acrescentados mais conceitos (classes), relações (propriedades) e restrições (domínio e gama). Nesta fase podem também já ser adicionadas algumas instâncias (*individuals*), de forma a verificar a aplicabilidade da ontologia no contexto a que se destina. Finalmente, o modelo formal é implementado. Para facilitação desta tarefa, pode recorrer-se a alguns *plugins* distribuídos com o PROTÉGÉ. Por exemplo, a *plugin* PROMPT dá suporte na gestão de múltiplas ontologias (ver, por exemplo, Noy (2004) e Noy e Musen (2004a)).

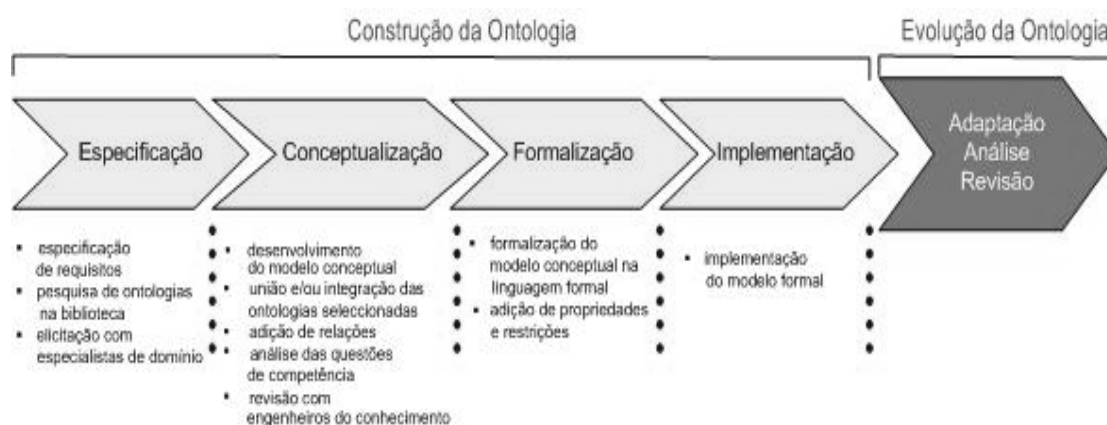


Figura 5.8 - Processo de composição da ontologia em cada EV (baseado em Staab *et al.* (2001)).

No âmbito de cada EV em formação existirão diversos especialistas (pertencentes às várias organizações que vão constituir a EV), com competências diferentes, mas também, complementares (linguística, sistemas de informação, desenvolvimento de software, engenharia de ontologias, domínio de negócio), envolvidos na construção colaborativa da ontologia global.

Em sentido lato, o processo começa com a construção de uma ontologia global inicial. Depois, esta ontologia é disponibilizada e os vários parceiros da EV são livres de a usarem e modificarem localmente para os seus próprios propósitos (por exemplo, alinhamento de ontologias complementares (locais)). Deverá existir em cada parceria um grupo responsável por manter e assegurar a qualidade da ontologia global partilhada. Este grupo, será também responsável pela actualização e evolução da ontologia global durante a operação da EV. As actualizações serão principalmente baseadas em pedidos dos utilizadores, levando à evolução da ontologia.

Evolução da Ontologia

O processo de evolução da ontologia envolve as seguintes actividades (ver Figura 5.9):

- Adaptação - Uma vez que a ontologia global inicial seja disponibilizada aos parceiros, os utilizadores trabalham com ela e, em particular, podem adaptá-la localmente às suas

próprias necessidades específicas. Durante essa utilização, são recolhidas sugestões de alterações à ontologia global inicial.

- Análise - No estágio final de operação da EV, são analisados os pedidos de alterações e identificam-se similaridades entre os vários pedidos dos diversos utilizadores. A actividade crucial do grupo, que faz a manutenção da ontologia, é decidir quais as alterações relevantes e exequíveis de serem introduzidas, de forma a obter a versão final da ontologia global da EV. Os pedidos ou sugestões de alterações deverão ser remetidos acompanhados da informação de argumentação necessária e adequada. A decisão tomada deverá reunir o equilíbrio entre as diferentes necessidades dos utilizadores, e cumprir com os seus requisitos de evolução. Além do mais, esta decisão deverá seguir as boas práticas de representação do conhecimento.
- Revisão - O objectivo da revisão é actualizar a ontologia global da EV em causa com as reais necessidades dos utilizadores e assim ganhar maior aceitação, ao mesmo tempo que, permitirá que a contribuição para o SBO do VBE seja mais rica. Assim, o grupo responsável pela manutenção da ontologia deverá assegurar uma contribuição equilibrada e representativa dos diferentes papéis envolvidos no processo, nomeadamente, engenheiros do conhecimento, engenheiros de ontologias e especialistas de domínio e do negócio.

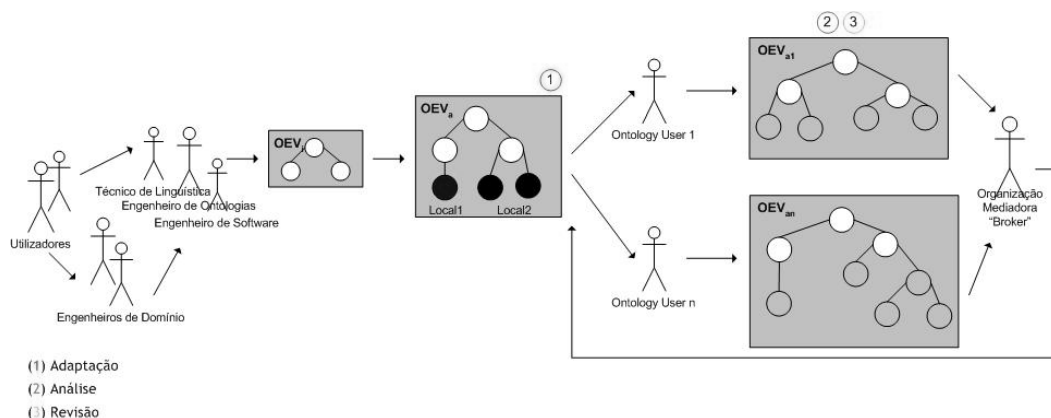


Figura 5.9 - Cenário da evolução da ontologia global de cada EV (baseado em Vrandecic *et al.* (2005)).

5.5.2 Decomposição

A decomposição de ontologias resulta normalmente em vários benefícios para a gestão da reutilização de ontologias. A utilização desta técnica, e algumas das vantagens daí decorrentes, podem descrever-se como se segue:

- Partes de uma ontologia de alto nível genérica podem ser transformadas (processo de extracção) para produzir ontologias para aplicações específicas;
- A decomposição pode ser usada para especificar, esboçar e anotar sub-seções de uma determinada ontologia mais genérica;
- As partes de uma ontologia podem ser capturadas, em pontos específicos no tempo, como cópias de segurança ou dados rastreados;
- As partes semelhantes de diferentes ontologias, no mesmo domínio, podem mais facilmente ser usadas para propósitos de avaliação ou comparação;
- As partes de uma ontologia podem ser usadas, como exemplos ou pontos de discussão, em padrões de modelação específicos;
- As consultas podem ser substancialmente melhoradas consultando as partes de uma ontologia, em vez da ontologia completa;
- As partes de uma ontologia podem mais facilmente ser compostas (integradas) para formar uma nova ontologia de domínio, para suportar as EVs emergentes futuramente;
- A decomposição permite diminuir o tamanho da ontologia, e assim, melhorar significativamente o seu desempenho/utilização/classificação;
- A análise das várias partes de uma ontologia torna-se mais fácil, facilitando a aprendizagem/conhecimento da meta-estrutura da mesma;
- É mais fácil classificar as partes de uma ontologia do que a ontologia global (os *reasoners* existentes não conseguem inferir em ontologias muito grandes).

No que diz respeito ao processo de decomposição da ontologia global de cada EV em várias, podem ser seguidos vários caminhos. Apesar do pouco trabalho desenvolvido e dado a conhecer nesta área, podem categorizar-se da seguinte forma as abordagens possíveis de serem seguidas na decomposição de ontologias (Seidenberg e Rector, 2006):

- Abordagem baseada em consulta - consiste em fazer consultas e o resultado das consultas é o novo módulo. Exemplos são:
 - SparQL (SparQL *query language*);
 - KAON views (RQL *query language*) de Voltz e colegas (Volz *et al.*, 2003a, 2003b);
 - RVL de Magkanaraki e colegas (Magkanaraki *et al.*, 2003).

- Abordagem baseada em partição - a ontologia é vista como uma rede de nodos ligados pelos relacionamentos. Apresentam-se em seguida algumas abordagens:
 - Partição baseada na estrutura - consiste em partir uma ontologia em vários pacotes ou módulos, de modo que possam ser mais facilmente mantidos, publicados ou validados (Stuckenschmidt e Klein, 2004);
 - Partição automática usando conexões electrónicas (Grau *et al.*, 2005);
 - Partição baseada em “*first-order logic theorem prover*” - consiste em decompor uma base de conhecimento, baseado nos teoremas SNARK¹ (MacCartney *et al.*, 2003) ou VAMPIRE² (Tsarkov e Horrocks, 2003). *First-order provers* são normalmente usados para resposta a consulta sobre grandes bases de conhecimento contendo milhares de axiomas, tal como a *High Performance Knowledge Base* (HPKB) (Cohen *et al.*, 1998).
- Abordagem baseada em atravessamento - distingue-se da partição, porque em vez da decomposição de um grafo inteiro em módulos, esta metodologia começa num nodo particular (conceito) e segue as suas conexões, construindo uma lista de nodos (conceitos) a extrair, isto é, deixa a estrutura da ontologia original intacta. Apresentam-se em seguida algumas abordagens:
 - PROMPT (Noy e Musen, 2004b);
 - MOVE (*Materialized Ontology View Extractor*) - o sistema extrai uma sub-ontologia baseado numa etiquetagem de quais os termos da ontologia a incluir e a excluir (Bhatt *et al.*, 2004). MOVE e PROMPT produzem vistas materializadas, isto é, uma ontologia *self-standing* que não tem ligação directa com a sua origem;
 - Algoritmo de segmentação - começa com uma ou mais classes da escolha do utilizador, e cria uma extracção baseado nessa classe e nas classes (conceitos) relacionadas, que são identificadas seguindo a estrutura de ligações da ontologia (Seidenberg e Rector, 2006). Os algoritmos de segmentação permitem automatizar o processo de extracção, tanto quanto possível, tendo a vantagem da meta-informação. Além disso, estes métodos têm a capacidade de transformar os segmentos de ontologia extraídos e optimizá-los para permitir a sua classificação.

No caso particular deste trabalho, segue-se uma abordagem baseada em atravessamento, e em particular utiliza-se um algoritmo de segmentação que é uma optimização do algoritmo de

¹ (Stickel *et al.*, 2000)

² (Riazanov e Voronkov, 2001)

Seidenberg e Rector (2006) com as adaptações adequadas, e que se julgam necessárias por forma a otimizar os segmentos a determinar.

A abordagem baseada em atravessamento foi seleccionada, em vez das abordagens de consulta ou partição, por se pretender extrair os segmentos de interesse de cada ontologia global obtida no final da operação de cada Empresa Virtual. Interessa-nos obter os segmentos utilizados (nova versão) na composição da ontologia global, bem como novos segmentos que se mostrem de interesse de acordo com os domínios descritos na Ontologia de Domínio (OD) (Figura 5.7) e para a qual ainda não existe representação no Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO) actual. Para este efeito, quanto mais pequenas forem as ontologias (segmentos) armazenadas, mais fácil será o processo de pesquisa e selecção no SBO e consequentemente o processo de composição de uma nova ontologia global.

Além disso, e como já foi referido atrás, o SBO armazenará meta-informação sobre as ontologias (segmentos) guardadas, bem como as respectivas ontologias. A ontologia global de domínio de cada EV não é armazenada no SBO. No entanto, através do registo de cada segmento de ontologia no Sistema de Registo de Ontologias (SRO) do SBO, é guardada meta-informação sobre a ontologia global que lhe deu origem. Esta meta-informação é registada através das classes “OntologiaEV” e “EmpresaVirtual” da Meta-Ontologia (MO).

Segmentação da Ontologia

O algoritmo de segmentação que se implementou por forma extrair os vários segmentos de uma ontologia global, tem por base o domínio em que se pretende inserir o mesmo. Assim, dado que cada segmento de ontologia é classificado, para registo no SRO, com base na palavra-chave que melhor o identifica, a mesma designação da palavra-chave é considerada como classe-alvo na primeira fase da segmentação. Assim, o algoritmo de segmentação (em linguagem natural) traduz-se em:

Passo 1: Identificar a classe-alvo;

Passo 2: Identificar e juntar toda a estrutura hierárquica vertical (“superior” e “inferior”);

Passo 3: Identificar e juntar as classes parentas das classes contidas na estrutura hierárquica encontrada em (2);

Passo 4: Identificar e juntar as estruturas hierárquicas que incluem relacionamentos (*object property*) da classe-alvo com outras classes;

Passo 5: Identificar e juntar outras estruturas hierárquicas que incluam classes cujo nome inclua o nome da classe-alvo (“superior” e “inferior”).

Em termos de implementação, definiu-se a geração dos segmentos de ontologia por cada execução do algoritmo, nos formatos OWL e DOT. Um ficheiro do tipo “classe-alvo.owl” é gerado, por execução do código Java, através da aplicação Segment.java. Cada ficheiro do tipo “classe-alvo.owl” gerado será posteriormente classificado e registado no SRO, podendo neste ficheiro, verificar-se quais as classes “apanhadas” na execução de cada passo do algoritmo descrito anteriormente. Em termos de código, como as funções são reutilizadas, significa que as mesmas são executadas várias vezes em passos diferentes. O que se faz então, é invocar as funções com um contador iniciado com um valor diferente, para saber em que passo se está. No encadeamento destas funções, incrementa-se o contador para registar novas invocações e daí resulta a numeração seguinte. A verificação é possível fazer-se ao nível dos ficheiros em formato OWL gerados, em que os identificadores (passos) traduzem-se por:

Caso 1: **Passo 1** – classe-alvo (exacto)

Caso 2: **Passo 2** - superiores & inferiores (do exacto)

Caso 3: **Passo 3** - parentes (do exacto)

Caso 4: **Passo 4** - relações (do exacto)

Caso 5: **Passo 4** - superiores & inferiores (domínio/gama)

Caso 6: **Passo 5** - alvo (parcial)

Caso 7: **Passo 5** - superiores & inferiores (do parcial)

Caso 8: **Passo 5** - relações (do parcial)

Caso 9: **Passo 5** - superior & inferior (domínio/gama)

Quando identificamos e registamos uma relação de objecto (*object property*), a mesma poderá conter restrições do tipo domínio (*domain*) e gama (*range*). Assim, apesar de no formato DOT serem apenas visualizadas as relações hierárquicas, as propriedades são mantidas para:

- Manter a consistência da ontologia;
- Registar as classes relacionadas com o domínio e gama.

Por forma a permitir também uma visualização gráfica da estrutura hierárquica dos segmentos gerados pela execução do algoritmo, é possível após geração do ficheiro do tipo “classe-alvo.owl” e por execução da aplicação Dot.java, obter um ficheiro do tipo “graphviz.dot” de cada

5.5 REUTILIZAÇÃO DAS ONTOLOGIAS

segmento de ontologia. Com este tipo de formato, é então possível visualizar-se graficamente (apresentação semelhante a um mapa de conceitos) cada segmento de ontologia, por obtenção de ficheiros .dia, .svg ou .ps. O código definido identifica as classes “apanhadas” em cada passo, com cores diferentes.

A aplicação Dot.java percorre a ontologia “classe-alvo.owl” e gera a descrição equivalente da taxonomia (estrutura em árvore) da mesma, na linguagem DOT. Esta linguagem permite descrever não só o grafo, mas a forma como os seus elementos devem ser apresentados (apresentação de nós e arestas) e respectivo “layout” (hierárquico, radial, circulo, etc.). A aplicação Dot.java (dot, neato, twopi, circo ou fdp) processa então a descrição do grafo na linguagem DOT, e gera o mesmo, graficamente, em vários formatos, entre os quais .dia, .svg e .ps. O sistema de cores adoptado foi o que se apresenta a seguir:

Passo 1: rectângulo com fundo vermelho e letras a branco

Passo 2: rectângulo com fundo violeta e letras a branco

Passo 3: rectângulo com fundo rosa e letras a preto

Passo 4: rectângulo com fundo branco e letras a vermelho

Passo 5: rectângulo com fundo cinza e letras a vermelho

O algoritmo de segmentação implementado é formalmente definido no Quadro 5.1, Quadro 5.2, Quadro 5.3, Quadro 5.4, Quadro 5.5, Quadro 5.6, Quadro 5.7 e Quadro 5.8.

```
segmentar_ontologia(T, O)
-----
O - a ontologia
T - o conjunto de texto que será utilizado para encontrar as classes da ontologia (assumimos só
uma palavra)

E - o conjunto de todas as classes de ocorrência exacta
P - o conjunto de todas as classes de ocorrência parcial
NO - devolve nova ontologia segmentada

E = todas as classes em O cujo nome é exactamente igual a t(i)
P = todas as classe em O cujo nome é parcialmente igual a t(i)

Notar que E e P são disjuntos (conjunto da intersecção é vazia)

PARA todos os t(i) elementos de T
C = todas as classes com nome/label aprox. igual a t(i)
  PARA todas as classes c(j) de C
    SE t(i) exactamente igual a nome/label do c(j)
      ENTÃO E = E U c(j)
      SENÃO P = P U c(j)
    fim de SE
  fim de PARA
fim de PARA

nome = nome da última classe adicionada a E // assumimos só uma
NO = nova ontologia vazia
NO = segmentar_classes( ON, E, P)
devolve NO

fim segmentar_ontologia
```

Quadro 5.1 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que identifica a classe-alvo (exacta) e as classes parciais da classe-alvo.

```
segmentar_classes(NO, E, P)
```

```
-----
```

NO - nova ontologia segmentada

E - o conjunto de todas as classes de ocorrência exacta

P - o conjunto de todas as classes de ocorrência parcial

PARA todas as classes $c(i)$ em E

NO = regista_class(NO, PASSO_1, $c(i)$)

NO = regista_superclasses_class(NO, PASSO_2, $c(i)$)

NO = regista_subclasses_class(NO, PASSO_2, $c(i)$)

NO = regista_relações_class(NO, PASSO_4, $c(i)$)

fim de PARA

PARA todas as classes $c(i)$ em P

NO = regista_class(NO, PASSO_5, $c(i)$)

NO = regista_superclasses_class(NO, PASSO_5, $c(i)$)

NO = regista_subclasses_class(NO, PASSO_5, $c(i)$)

NO = regista_relações_class(PASSO_5, $c(i)$)

fim de PARA

devolve NO

fim segmentar_classes

Quadro 5.2 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que para a classe-alvo (exacta) identificada, regista a mesma e as suas superclasses, subclasses e relações respectivas; e para as classes parciais da classe-alvo identificadas, regista as mesmas e as suas superclasses, subclasses e relações respectivas.

```
regista_class( NO, p, c )
```

```
-----
```

NO - nova ontologia

p - registo do passo utilizado para fins de visualização

c - classe (conceito) a registar

insere a classe c na ontologia ON (caso não exista)

inserir meta-dados na ON com indicação do passo p (caso não exista)

devolve NO

fim regista_class

Quadro 5.3 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que insere na nova ontologia, as classes identificadas acompanhadas da meta-informação com indicação do(s) passo(s) que as originaram.

```
registra_superclasses_class( NO, p, c)
-----
NO - nova ontologia
p - registo do passo utilizado para fins de visualização
c - classe (conceito) a registar

PARA todas a super classes c(i) da class c
insere a classe c(i) na ontologia ON (caso não exista)
insere relação de superclasse entre c(i) e c (caso não exista)
insere meta-dados na NO com indicação do passo p (caso não exista)

NO = regista_parentes(NO, PASSO_p + 1, c(i)) // passos 3 e 5
NO = regista_superclasses( NO, p, c(i) ) // passos 2 e 4

fim de PARA

devolve NO
fim registra_superclasses_class
```

Quadro 5.4 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que insere na nova ontologia, as superclasses identificadas das classes já inseridas acompanhadas da meta-informação com indicação do(s) passo(s) que as originaram, e regista as suas classes parentes.

```
registra_subclasses_class( NO, p, c)
-----
NO - nova ontologia
p - registo do passo utilizado para fins de visualização
c - classe (conceito) a registar

PARA todas a super classes c(i) da class c
insere a classe c(i) na ontologia ON (caso não exista)
insere relação de subclasse entre c(i) e c (caso não exista)
insere meta-dados na NO com indicação do passo p (caso não exista)

NO = regista_parentes(NO, PASSO_p + 1, c(i)) // passos 3 e 5
NO = regista_subclasses( NO, p, c(i) ) // passos 2 e 4

fim de PARA

devolve NO
fim registra_subclasses_class
```

Quadro 5.5 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que insere na nova ontologia, as subclasses identificadas das classes já inseridas acompanhadas da meta-informação com indicação do(s) passo(s) que as originaram, e regista as suas classes parentes.

```
registar_relacoes_class( ON, p, c)
```

NO - nova ontologia

p - registo do passo utilizado para fins de visualização

c - classe (conceito) a registar

Pr = propriedade da class c para todas as propriedades pr(i) em P

SE pr(i) é uma propriedade válida

ENTÃO regista_propriedades(ON, pr) // passos 4 e 5

fim de SE

fim regista_relacoes_class

Quadro 5.6 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que regista na nova ontologia todas as propriedades das classes contidas na mesma.

```
registar_propriedades(ON, p, pr)
```

NO - nova ontologia

p - registo do passo utilizado para fins de visualização

pr - propriedade

registar propriedade pr na ON

registar domínio da propriedade pr na ON

registar gama da propriedade pr na ON

fim regista_propriedades

Quadro 5.7 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que regista na nova ontologia para todas as propriedades, o domínio e gama respectivos.

```
registar_nó_dot (n, P)
```

(A ontologia é percorrida de cima abaixo (relações hierárquicas) e são retirados os meta-dados de cada classe)

n - uma classe na ontologia

SE existir mais do que um passo associado à classe n

ENTÃO atribuir o passo P de acordo com a seguinte prioridade

PASSO_1

PASSO_2

PASSO_3

PASSO_4

PASSO_5

SENÃO atribuir o único passo disponível a P

regista em Dot a classe n de acordo com o passo P

fim registar_nó_dot

```
registar_aresta_dot (n, c(i))
```

```
-----
registra em Dot a ligação entre as classes (pai) n e (filho) c(i)
fim registrar_aresta_dot
```

```
descrever (n, C)
```

```
-----
n - classe pai
C - conjunto de classes filho de n
```

```
registrar_nó_dot n
SE C = VAZIO
ENTÃO terminar
SENÃO
    PARA todos os c(i) de C
        registrar_aresta_dot n c(i)
        descrever c(i)
    fim de PARA
```

```
fim de SE
fim descrever
```

```
visualizar_ON (n, C)
```

```
-----
n = é a classe OWL:Thing (* classe do topo *)
C = todas as subclasses de n
```

```
PARA todos os c(i) de C
descrever c(i)
fim de PARA
fim visualizar_ON
```

Quadro 5.8 - Parte do algoritmo de segmentação da ontologia que re-classifica a meta-informação de cada classe registada na nova ontologia, para conter apenas o passo que lhe deu efectivamente origem, e regista as classes e relações em graphviz.dot de acordo com o sistema de cores definido.

Reutilização das Instâncias

Até este momento, consideramos a reutilização de classes e relações entre classes, por serem os componentes de uma ontologia mais naturais de serem reutilizados. No entanto, surge a questão, haverá interesse em reutilizar as instâncias? Devemos, então, guardar os segmentos juntamente com as respectivas instâncias de cada uma das classes que os constituem?

Atentemos no seguinte exemplo. Duas empresas A1 e B1 constituem uma EV (EV1). Desenvolvem a ontologia global OEV1. Assumamos a existência nesta ontologia do conceito “empresa”, com a propriedade “nome”. Neste caso, temos as instâncias:

- (empresa, nome, A1)
- (empresa, nome, B1)

Imaginemos agora que durante a segmentação identificamos o conceito “empresa” como sendo importante, e por isso também registamos as instâncias acima na nova ontologia segmentada (que será devidamente classificada e registada). Quando uma nova EV (EV2) é constituída, por exemplo, pelas empresas A2 e B2, e o segmento de ontologia obtido da EV1 é seleccionado como adequado para reutilização, em virtude da aplicação das métricas de ordenação conforme especificado secção 5.4.1 acima, verificamos no entanto, que as instâncias deste segmento não fazem sentido nesta nova “situação” (isto é, seriam apenas integralmente reutilizáveis, se $A1=A2$ e $B1=B2$, ou ainda, parcialmente reutilizáveis, se $A1=A2$ e $B1 \neq B2$ ou $A1 \neq A2$ e $B1=B2$).

Além do mais, ao registarmos instâncias de conceitos também somos obrigados a registar todos os elementos (conceitos, relações, instâncias de conceitos e dados de propriedades), caso contrário, incorremos o risco de gerar uma base de conhecimento inconsistente.

Atentemos então também no seguinte exemplo. Assumamos que temos o conceito “fornece_serviço” com domínio e gama “empresa”. Também temos um conceito “tipo_empresa”. Adicionalmente, incluímos uma axioma que diz: uma empresa X só pode fornecer um serviço a uma empresa Y, se e só se, ambas as empresas forem “tipo_empresa” diferentes. Assumamos, então, uma EV constituída pelas empresas C1 e D1. Neste caso, podemos ter as instâncias:

- (C1, fornece_serviço, D1)
- (C1, tipo_empresa, construtora)
- (C1, tipo_empresa, fabricante de tijolo)

Aqui, se identificarmos “fornece_serviço” e suas relações como importantes, temos então registado:

- relação: fornece_serviço
- relação: axioma descrito acima

Mas, não registamos:

- (C1, tipo_empresa, construtora)
- (C1, tipo_empresa, fabricante de tijolo)

Neste caso, obteríamos um novo segmento com duas empresas C1 e D1, cujos “tipo_empresa” poderiam (possivelmente) ter o mesmo valor. Consequentemente, teríamos assim uma base de conhecimento inconsistente.

Assim, apesar de constatar-se que de facto existem instâncias que podem ser reutilizadas, entende-se que essa prática, podendo incorrer em situações complexas de inconsistências, não será aconselhável. Face ao exposto, entendeu-se que, por aplicação do algoritmo de segmentação seria de interesse obter as duas versões de um mesmo segmento, isto é, um determinado segmento sem

instâncias e o mesmo segmento incluindo todas as instâncias. No entanto, o algoritmo, na versão com instâncias, será obtido apenas com o objectivo de cálculo da métrica MUT (Medida de Utilização), ao que posteriormente será eliminado, não sendo portanto registado e armazenado no Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO). Desta forma, é possível distinguir a importância dos segmentos pela utilização que tiveram, sem com isso sobrecarregar a base de conhecimento do SBO; ou incorrer em esforço posterior desnecessário para eliminar as instâncias do segmento de ontologia seleccionado, por se verificar que a manutenção destas na ontologia não teria interesse particular.

Designação	Versão	Distribuidor	Descrição
Java (TM) ¹	1.5.0 (build 1.5.0_10_b03)	Sun Microsystems, Inc	JRE JDK
NetBeans IDE ²	5.5 (build 200610171010)	Sun Microsystems, Inc	NetBeans IDE baseado na NetBeans Platform da netbeans.org, desenvolvidos sob CDDL.
Jena ³	2.5.2	HP Labs Semantic Web Programme Foundation	Uma framework Java para construção de aplicações de Web Semântica. Proporciona um ambiente de programação para RDF, RDFS e OWL.
Pellet ⁴ DIG Server	1.4-RC1	Mindswap (Desenvolvimento e suporte agora pertence a Clark+Parsia ⁵)	Motor de inferência.

Tabela 5.2 - Ferramentas usadas para implementação do algoritmo para decomposição de ontologias e das métricas para avaliação e ordenação dos segmentos de ontologias obtidos por pesquisa ao sistema de biblioteca de ontologias.

Desta forma, apenas será armazenado o algoritmo na versão sem instâncias, ficando a informação sobre o valor de MUT registado na Meta-Ontologia (MO), a par com outra informação respeitante ao segmento em referência, e que poderá ser útil em situações de decisão mais complexas.

¹ <http://www.java.com>

² <http://www.netbeans.org>

³ <http://jena.sourceforge.net>

⁴ <http://pellet.owldl.com>

⁵ <http://www.clarkparsia.com>

5.6 DISCUSSÃO

Na implementação do algoritmo com objectivo de decomposição da ontologia global de cada EV, bem como na implementação das métricas para avaliação e ordenação dos segmentos de ontologia seleccionados a quando da formação de uma nova EV, foram usadas as ferramentas descritas na Tabela 5.2.

Como se compreende, os segmentos de ontologia que vão sendo registados e armazenados no SBO do VBE, vão sofrendo alterações ao longo do tempo. Isto é, por cada EV formada e, consequentemente, dissolvida, vão resultar segmentos de ontologias, uns que serão classificados em domínios para a qual serão a primeira versão, mas outros em que serão versões novas de um mesmo segmento de ontologia já existente no SBO, classificado sob determinado domínio. Esta evolução dos segmentos de ontologia será gerida por identificação da versão de cada segmento a ser registado, bem como por identificação das diferenças significativas entre a versão actual e a anterior. A meta-informação é, pois, fornecida através da Meta-Ontologia (MO) (ver Figura 5.6).

5.6 Discussão

Neste capítulo é proposto um modelo global para gestão da informação e do conhecimento criado no âmbito da operação de uma Empresa Virtual (EV), no contexto de um *Virtual Breeding Environment* (VBE). O modelo proposto engloba a definição de métodos que visam apoiar o ciclo de vida das Empresas Virtuais, com destaque para a sua formação e dissolução. O *Virtual Breeding Environment*, uma rede de empresas (PME's) de longa duração, contém um Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO) que permite armazenar e gerir a informação e o conhecimento (na forma de ontologias em formato OWL) de cada EV, permitindo a sua reutilização entre as EV formadas pertencentes a este ambiente.

Na fase de formação da EV, os métodos apresentados visam apoiar a pesquisa e selecção de ontologias no SBO de um VBE; bem como a composição de uma ontologia global de domínio, reutilizando as ontologias seleccionadas do SBO para suportar a operação da EV. Para apoiar o processo de selecção de uma ou mais ontologias de um conjunto, foram definidas métricas para a sua avaliação. As métricas definidas reúnem inspiração nos trabalhos de Buitelaar *et al.* (2004) e Alani e Brewster (2005, 2006), e avaliam aspectos relacionados com as classes das ontologias (semântica e hierarquia), mas também com a sua estrutura (relacionamento com outras ontologias e grau de utilização).

O método proposto para composição da ontologia global de domínio baseia-se, principalmente, nas metodologias METHONTOLOGY e DILIGENT, suportando completamente o processo de construção de uma ontologia no contexto da EV, isto é, considera a

construção de uma ontologia não de raiz, mas reutilizando outras ontologias, e também suporta a evolução da ontologia definida até à dissolução da EV.

Na fase de dissolução da EV, os métodos apresentados visam apoiar a decomposição da ontologia global de domínio resultante, utilizada na operação da EV que cessa, em segmentos mais pequenos que possam ser reutilizados em EVs futuras; bem como apoiar a classificação dos segmentos de ontologias obtidos através de uma meta-ontologia, e consequente armazenamento no SBO do VBE.

No caso particular deste trabalho, seguiu-se uma abordagem baseada no atravessamento, para decomposição da ontologia global de domínio resultante da EV (OEV_n). O nosso objectivo é modularizar a ontologia resultante, isto é, parti-la em vários módulos de forma a poder classificá-los mais facilmente, e assim permitir o seu armazenamento no SBO do VBE e, posteriormente, a sua reutilização noutras EVs. No entanto, entendemos que seguir uma abordagem de partição não seria o mais adequado neste contexto, visto que entendemos que podem existir numa ontologia sub-domínios que se sobrepõem nalguma parte, e assim, iríamos perder informação entre os módulos, ao mesmo tempo que a sua classificação poderia não reflectir a realidade do domínio da EV.

Assim, enquadrámos o método proposto para decomposição da ontologia global de domínio (OEV_n), resultante de uma EV em dissolução, numa abordagem de atravessamento concretizada num algoritmo de segmentação. Esta abordagem permite segmentar a ontologia em várias, por aplicações sucessivas do algoritmo à ontologia, mantendo no entanto a ontologia original intacta. Definiu-se e implementou-se um algoritmo de segmentação que é a nosso ver uma optimização do algoritmo de Seidenberg e Rector (2006), com as adaptações necessárias de forma a optimizar os segmentos a determinar, no contexto particular de uma abordagem no âmbito de uma EV.

A partir de cada ontologia global de domínio (OEV_n) interessa-nos obter os segmentos de ontologias que foram reutilizados (nova versão) na sua composição, isto é, as ontologias que foram obtidas do Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO) e usadas na composição da OEV_n que suportou a operação da EV, agora em fase de dissolução. Mas, interessa-nos também obter novos segmentos de ontologias que se mostrem de interesse, de acordo com os domínios descritos na Ontologia de Domínio (OD) e para a qual ainda não exista representação no SBO. Para apoiar a classificação dos segmentos de ontologias a armazenar no SBO foi definida e implementada uma Meta-Ontologia (MO), que permite armazenar meta-informação sobre as ontologias (segmentos) guardadas. Além disso, foi também definida uma Ontologia de Domínio, permitindo a normalização dos domínios durante a classificação das ontologias.

Interessa ainda salientar que o algoritmo de segmentação definido tem por base de aplicação o domínio em que se pretende classificar o mesmo. Assim, dado que cada segmento de ontologia é classificado no Sistema de Registo de Ontologias (SRO) do SBO com base na palavra-chave que melhor o identifica, a mesma designação da palavra-chave é considerada como “classe-alvo” na primeira fase da segmentação, isto é, o sub-domínio (de acordo com a Ontologia de Domínio) para a qual se pretende obter o segmento de ontologia corresponde à “classe-alvo” a identificar na OEV_n , marcando assim a primeira classe a identificar na OEV_n por aplicação do algoritmo. Ainda, a “classe-alvo” só é identificada na OEV_n , se o seu nome (*label*) for exactamente igual ao sub-domínio considerado.

Finalmente, comparando o algoritmo de Seidenberg e Rector (2006) com o algoritmo para segmentação da OEV_n definido e apresentado neste documento, verifica-se que:

- No passo 1 - Identificar a “classe-alvo” - conforme referido no parágrafo anterior, esta classe só é identificada, se na ontologia existir uma classe com nome (*label*) exactamente igual. No algoritmo de Seidenberg e Rector, apresentado em Seidenberg e Rector (2006), não é explícito que assim seja.
- No passo 2 - Identificar e juntar toda a estrutura hierárquica vertical (superior e inferior) - são identificadas todas as super-classes e sub-classes da “classe-alvo”. Igual procedimento em Seidenberg e Rector (2006).
- No passo 3 - Identificar e juntar as classes parentas das classes contidas na estrutura hierárquica encontrada no passo 2. Este processo não é realizado em Seidenberg e Rector (2006), isto é, não são consideradas as classes parentas da “classe-alvo” e das suas super-classes.
- No passo 4 - Identificar e juntar as estruturas hierárquicas que incluem relacionamentos (*object property*) da “classe-alvo” com outras classes. Apesar de não ser muito claro, pensamos ser seguido procedimento semelhante em Seidenberg e Rector (2006).
- No passo 5 - Identificar e juntar outras estruturas hierárquicas que incluam classes cujo nome inclua o nome da “classe-alvo” (superior e inferior) - são consideradas as classes parcialmente iguais à “classe-alvo” e que não tenham sido identificadas até ao momento, bem como as suas respectivas super-classes, sub-classes e relações. Este processo não é realizado em Seidenberg e Rector (2006).

Concluindo, o algoritmo de Seidenberg e Rector (2006) mostrou-se bastante redutor para o contexto particular de segmentação de ontologias, no âmbito do suporte à operação de Empresas Virtuais. Por aplicação ao caso de estudo apresentado a seguir (capítulo 6), constatamos que os segmentos de ontologias obtidos, saltando os passos 3 e 5 do nosso algoritmo (que seria mais

semelhante ao algoritmo apresentado em Seidenberg e Rector (2006)), falhariam na representação do conhecimento dos sub-domínios considerados, isto é, representariam muito parcialmente os sub-domínios, levando provavelmente à sua inutilidade. Por aplicação do nosso algoritmo ao mesmo caso de estudo, verificamos que os segmentos de ontologias obtidos não são muito grandes (claro que para isto temos que ter em atenção a dimensão e detalhe da ontologia a segmentar). Além disso, por análise a alguns dos segmentos de ontologias obtidos, verifica-se representarem melhor os sub-domínios considerados.

APLICAÇÃO NO CASO DE UMA COMUNIDADE VIRTUAL DE CONHECIMENTO COM PATROCÍNIO ORGANIZACIONAL

Neste capítulo, após uma breve abordagem geral ao contexto, faz-se a descrição do caso de estudo em que foi aplicado o método apresentado no capítulo 5. Contextualizando o caso apresentado no âmbito de uma comunidade, procede-se à sua definição e apresentação da respectiva arquitetura de funcionamento. Descreve-se então o processo de composição de uma ontologia global para suporte à comunidade e os respectivos resultados da aplicação do algoritmo para decomposição da ontologia em vários segmentos. Apresenta-se também a aplicação das métricas para ordenação de alguns dos segmentos de ontologia obtidos. Finalmente, discutem-se os resultados obtidos.

6.1 Introdução

Nas últimas décadas, face às mudanças a que têm estado sujeitas a maioria das organizações e o ambiente na qual operam, o caso particular das organizações do sector da construção civil não é disso excepção. Este tem também de renovar-se rapidamente, de forma a adaptar-se a um ambiente mais competitivo e em constante mudança, o que implica necessariamente, formas mais sofisticadas de gestão dos seus bens de conhecimento.

Comunidades Virtuais Patrocinadas por Empresas (CVPE) estão a emergir como esquemas de negócio sérios, para promoção da colaboração e partilha do conhecimento, quer intra-organizações, quer inter-organizações. O paradigma da comunidade está a ganhar espaço entre as

formas de interacção inter-organizacional mais estabelecidas, tais como, cadeias ou redes, complementando-as nalguns casos. CVPEs são sistemas sócio-técnicos complexos, difíceis de desenhar e manter, necessitando de abordagens multi-disciplinares para o seu desenvolvimento.

Neste sentido, apresenta-se um caso de aplicação, no âmbito de um projecto europeu, do método descrito no capítulo 5, que retrata a complexidade envolvente para implementação, representação e gestão do conhecimento gerado no contexto de uma CVPE. Assim, começa-se por fazer uma breve introdução aos principais objectivos do caso em estudo, ao que se segue uma descrição das principais características da comunidade de conhecimento (virtual) analisada, e uma descrição da problemática e do processo envolvido no desenvolvimento de uma ontologia global de domínio, para suporte à comunidade. Aplicando a abordagem descrita no capítulo anterior, e considerando a cessação de actividade da Empresa Virtual (EV), aplica-se o algoritmo de decomposição à ontologia global, por forma a idealizar-se o armazenamento dos segmentos de ontologia considerados relevantes no Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO), definido também no capítulo anterior. Ainda, simula-se a pesquisa ao referido SBO por determinadas palavras-chave, e procede-se à ordenação dos segmentos de ontologias, obtidos através da aplicação das respectivas métricas já descritas. Finalmente, são tecidos alguns comentários sobre os resultados obtidos¹.

6.2 Descrição do Caso

O caso de estudo apresentado insere-se no âmbito de um projecto europeu designado *KNOW-CONSTRUCT (KC) - Internet Platform for Knowledge-based Customer Needs Management and Collaboration among SMEs* (2005-2007) (COLL-CT-2004-500276).

O projecto *Know-Construct (KC)* teve como objectivo principal contribuir para a melhoria da eficiência das PME da indústria da construção, melhorando o relacionamento com os seus clientes através de um suporte inovador, gerindo de uma forma sofisticada a informação e conhecimento acerca dos produtos, processos, melhores práticas, experiências, legislação, etc. Mais concretamente, os objectivos centraram-se em:

- Proporcionar uma plataforma para suportar a criação e gestão de uma comunidade de PME da Construção Civil coordenada por uma associação, promovendo a colaboração e partilha de conhecimento entre os seus membros. O conhecimento a ser partilhado inclui, além da informação dos produtos e serviços, experiências das empresas (por exemplo, melhores práticas), permitindo conduzir a uma mais alargada e profunda

¹ Salienta-se que algumas das figuras apresentadas neste capítulo estão na língua inglesa, por ser a língua usada no âmbito do projecto a que se refere o caso de estudo, e que pelo facto se entendeu não proceder à sua tradução.

competência técnica e profissional partilhada pela comunidade de PME, fundamental na sua capacidade de satisfazer as necessidades dos clientes.

- Proporcionar aos clientes das PME membros das Associações Industriais (AI) apoio na resolução de problemas, essencialmente na selecção de produtos e nos seus processos de aplicação, bem como outros problemas relacionados, tais como, questões legais, questões de segurança, etc. Esta plataforma permite às PME, membros da AI, interagir com os seus clientes aconselhando-os em tópicos específicos, recorrendo para isso ao conhecimento criado e mantido pela comunidade de PME mencionada no ponto anterior.

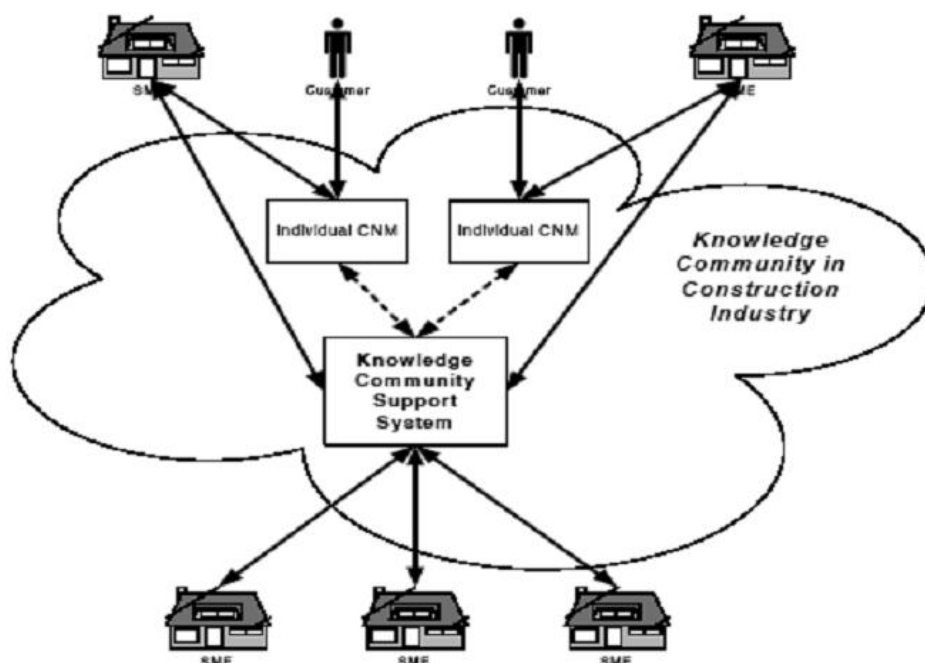


Figura 6.1 - Visão geral do sistema *Know-Construct*.

Estes objectivos foram traduzidos em 2 módulos principais do sistema *Know-Construct* (ver Figura 6.1):

Customer Needs Management (CNM) System – Um sistema para proporcionar aos clientes de uma PME (pertencente a uma AI), uma interacção personalizada com a empresa, em termos de resolução de problemas (ou mais genericamente, na obtenção de informação) relacionados com os produtos e serviços fornecidos. Este sistema faz uso de informação e conhecimento individual (apenas da empresa) e colectivo (comunidade de PME), para proporcionar o referido serviço aos seus clientes.

Knowledge Community Support (KCS) System – Um sistema para gerir a cooperação e colaboração entre as PME pertencentes a uma AI, focando-se na partilha de informação e conhecimento segundo um conceito de comunidade.

Os objectivos científicos e tecnológicos do projecto *Know-Construct* são os seguintes:

- Compreender as condições sócio-técnicas de criação e manutenção de comunidades de conhecimento de PME;
- Desenvolver um modelo para a identificação, avaliação e selecção de fontes de conhecimento heterogéneas, com o objectivo de sintetizar uma ontologia de alto nível na área da comunidade de conhecimento;
- Desenvolver um modelo para a criação e gestão de uma comunidade de conhecimento patrocinada por organizações;
- Desenvolver um sistema para gestão do conhecimento, baseado em ontologias, para apoiar comunidades de conhecimento patrocinadas por organizações.

6.3 Comunidade de Conhecimento na Indústria da Construção

Nesta secção apresenta-se o conceito de Comunidade CIK (*Construction Industry Knowledge*). Face à diversidade de explanações encontrada na literatura à volta do conceito de comunidade, conforme já evidenciado no capítulo 2, tentou-se conceptualizar a Comunidade CIK a partir de três abordagens:

- Utilidade (para as organizações e para os participantes);
- Comportamento dos participantes;
- Tipologia.

Apresenta-se depois, a arquitectura funcional do sistema *Know-Construct*, em particular do módulo KCS, desenvolvida com base nos requisitos para a Comunidade CIK (Simões e Soares, 2004; Soares *et al.*, 2006).

6.3.1 Caracterização da Comunidade CIK segundo a perspectiva da utilidade

A caracterização de uma comunidade, segundo a perspectiva da utilidade, leva a um modelo essencialmente preditivo. A Comunidade CIK pode ser assim classificada como uma comunidade híbrida de prática e de interesse (rever secção 2.5 sobre este assunto). Por um lado, os profissionais das empresas, como indivíduos, podem ver utilidade directa para as suas funções particulares quando participam na Comunidade CIK. Por outro lado, esta utilidade directa também está

presente, quando um profissional (e consequentemente a empresa) se apercebe que quando resolve um problema a um cliente importante, a informação/conhecimento utilizado para atingir essa solução foi disponibilizada por outros membros da comunidade. No entanto, nem todas as actividades no contexto de uma comunidade trazem benefícios directos para a organização. Por exemplo, uma sessão de conversação on-line entre dois profissionais, em que existe troca de experiências relacionadas com as suas funções; ou um registo de uma notícia relativa ao desempenho de um determinado material ou à entrada de um outro profissional, são actividades que fazem sentido num contexto de comunidade, mas não podem ser designadas como sendo valor concreto e imediato para uma organização (ver Figura 6.2).



Figura 6.2 – A Comunidade CIK no quadrante das comunidades de Cornélio (2003).

O desenvolvimento profissional pode ser considerado como um processo de desenvolvimento contínuo do conhecimento, competências e atitudes dos profissionais, através de aprendizagem formal e informal no curso da prática. A Comunidade CIK deverá, então, proporcionar aos empregados de PME, como profissionais da área da construção civil, um espaço para o seu desenvolvimento profissional através de:

- Acesso individualizado, flexível e fácil a conhecimento coerente e actualizado do seu domínio de interesse;
- Possibilidade para interagir com pessoas da mesma área de interesse;
- Oportunidade para desenvolver e explorar o conhecimento do domínio de interesse.

Isto, concretiza-se na aplicação do conhecimento, na aprendizagem a partir dele, na orientação de outros, na disseminação de ideias e resultados, ou fazendo investigação numa rede profissional. A nossa crença, é que uma parceria de profissionais de uma comunidade de conhecimento on-line terá efeitos positivos no seu desenvolvimento contínuo, expresso não apenas em competências como seja conhecimento, especializações, experiências e atitudes, mas também na aquisição de bens de conhecimento organizacional expressos no crescimento do conhecimento profissional, aplicabilidade e legitimidade desse conhecimento.

6.3.2 Caracterização da Comunidade CIK segundo a perspectiva comportamental

Baseado no trabalho de Vries e Kommers (2004), a Comunidade CIK pode ser também caracterizada por (Figura 6.3):

- O objectivo é desenvolver e explorar conhecimento acerca do sector da construção civil;
- Existem interacções contínuas entre os participantes, de forma a atingir os objectivos;
- Os processos de informação e comunicação são continuamente tornados explícitos;
- Adiciona valor aos participantes (profissionais do sector ou clientes);
- O lugar de encontro on-line é simples e fácil de usar;
- A cultura foca-se nas necessidades dos participantes como um catalisador para um elevado desempenho, envolvimento e participação, criando o sentido de responsabilidade e propriedade e assim, um maior compromisso;
- O contexto é complexo e está em constante evolução, pelo que a comunidade terá de continuamente fazer face às expectativas dos seus participantes e ao seu contexto de utilização do sistema.

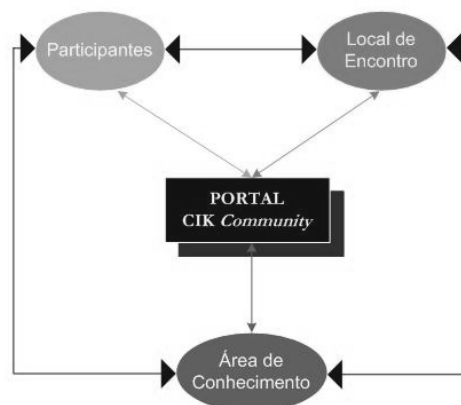


Figura 6.3 - Modelo analítico do portal da Comunidade CIK (adaptado de Vries e Kommers (2004)).

6.3.3 Caracterização da Comunidade CIK segundo o conjunto de atributos “5Ps”

Baseado ainda na tipologia das comunidades virtuais de Constance Porter (2004), onde as comunidades são classificadas sob dois níveis – estabelecimento e orientação de relacionamento – a Comunidade CIK é classificada como uma comunidade patrocinada por uma organização, relativamente ao tipo de estabelecimento; e como uma comunidade comercial, relativamente à orientação de relacionamento (ver Figura 6.4). Esta comunidade terá partes interessadas chave e/ou beneficiários (por exemplo, clientes) que serão parte importante no patrocínio da missão e objectivos da mesma. Sendo uma comunidade patrocinada por uma organização, promoverá relacionamentos entre ambos os membros (por exemplo, profissionais pertencendo às associações da parceira do projecto) e entre membros individuais (por exemplo, clientes) e as organizações patrocinadoras (associações industriais da parceria do projecto).

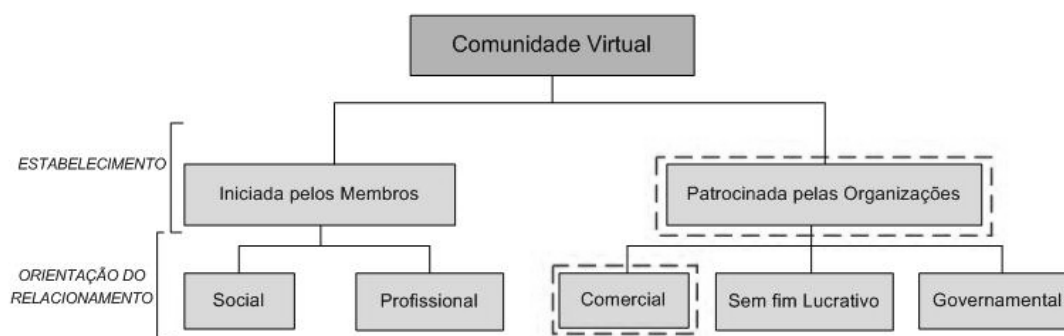


Figura 6.4 - A Comunidade CIK segundo a tipologia das Comunidades Virtuais de Porter (2004).

Baseado na classificação da Comunidade CIK sob o conceito de comunidade virtual, e nos atributos normalmente sugeridos na literatura para caracterizar comunidades virtuais (Blanchard, 2004; Burnett e Buerkle, 2004; Mueller-Prothmann e Siedentopf, 2003), descrevem-se os atributos chave que caracterizam a Comunidade CIK, sumariados como 5Ps (Porter, 2004): Propósito (Conteúdo de Interacção), “Place” (Extensão da Mediação Tecnológica de Interacção), Plataforma (Desenho da Interacção), População (Padrão de Interacção) e “Profit Model” (Retorno na Interacção) (ver Tabela 6.1).

Ps	Descrição
Propósito	Partilhar conhecimento de forma a proporcionar melhor serviço aos clientes. Partilhar melhores práticas e experiências acerca de técnicas da construção. Proporcionar informação acerca de normas e aspectos legais relacionados com o sector da construção.
Local (<i>Place</i>)	Espaço virtual onde as empresas desenvolvem e mantém relacionamentos económicos e sociais. Principalmente virtual, mas também físico (por exemplo, reuniões com as associações, contactos com os clientes).
Plataforma	Comunicação síncrona e assíncrona (fóruns de discussão, <i>weblogs</i> , e-mail, ferramentas de gestão de conteúdos, etc). Associações, empresas, profissionais e clientes como actores.
População	Associações que fazem parte da parceria. Empresas e profissionais à procura de reputação e reconhecimento. Empresas, associações e profissionais socialmente e geograficamente dispersos com foco na obtenção de benefícios funcionais da comunidade, tais como aquisição de informação e resolução de problemas. Relacionamentos conduzidos pelas necessidades dos utilizadores, onde atributos de grupos pequenos e de rede estão misturados e combinados.
Modelo de Lucro (<i>Profit Model</i>)	Geração de retorno para as empresas do sector da construção. Apesar da comunidade gerir essencialmente benefícios não tangíveis, espera-se que através da prestação de um melhor serviço aos clientes, as PME obtenham maiores lucros.

Tabela 6.1 - Caracterização da Comunidade CIK de acordo com os 5Ps de Constance Porter.

Em suma, podemos, duma forma abreviada, definir Comunidade CIK como uma agregação de profissionais e clientes que interactivam à volta de interesses partilhados do sector da construção civil, partilhando informação e conhecimento acerca de produtos, serviços, técnicas, aspectos legais, experiências, etc., em que as interações são totalmente suportadas e/ou mediadas por tecnologia web e guiadas por protocolos e normas acordados.

6.3.4 Arquitectura

Como mencionado anteriormente, o projecto *Know-Construct* teve um objectivo muito específico: permitir às PME da área da construção civil responderem mais eficazmente aos problemas dos seus clientes. Embora uma comunidade de conhecimento inclua no seu âmbito, como estabelecido antes, mecanismos que excedem este simples objectivo instrumental, a visão

inicial do sistema KCS foi especialmente concebida tendo isto em mente. Isto significa que o sistema KCS suporta a construção da Comunidade CIK em sentido lato, focado fundamentalmente em gerar uma gama alargada, mas também detalhada, de conhecimento a ser usado na gestão dos relacionamentos com os clientes das PME, particularmente, na resolução de problemas. A operacionalização do sistema KCS é feita através do uso de mecanismos que permitirão (Nabeth *et al.*, 2002):

- Suportar os processos sociais (construção da confiança, formação do grupo e coordenação), isto é, proporcionar condições para partilha de conhecimento tácito;
- Níveis elevados de interactividade e estímulo a uma partilha dinâmica de conhecimento (sistemas de gestão de conteúdos colaborativos); e
- Suportar a personalização da interacção do utilizador (através da selecção e apresentação de conteúdos), maximizar o impacto do conhecimento distribuído e também facilitar o estabelecimento de novos relacionamentos entre os utilizadores.

Mantendo em mente a ideia básica que o sistema KCS deve suportar a construção da Comunidade CIK, focando-se principalmente na geração de uma base de conhecimento que seja tão compreensível e detalhada quanto possível, de modo a poder ser usada na gestão dos relacionamentos com os clientes, foram especificadas as seguintes funções gerais deste módulo (ver Figura 6.5):

Community Building Services: Suporta os processos de construção da comunidade, proporcionando instrumentos para promover a interacção e socialização entre profissionais. Dois desses instrumentos são os fóruns e os *weblogs*, e estes são definidos para serem estreitamente integrados com a estrutura semântica de suporte à gestão do conhecimento no sistema KC.

Semantic Resources Management: Suporta a aquisição, organização e armazenamento no sistema, permitindo:

- a gestão de classificações, thesaurus e vocabulário;
- a aquisição de conhecimento a partir de conteúdos digitais, quer internos à Comunidade CIK, quer de fontes externas;
- manutenção de uma ontologia que é a base de representação, acesso e armazenamento do conhecimento.

Knowledge Resources Access: Suporta a pesquisa e actualização do conhecimento. Embora muito do conhecimento/informação da comunidade seja criado em processos de

interacção/comunicação, haverá também a necessidade de criar/aceder a conhecimento numa forma mais estruturada. Gestão de conteúdos digitais e gestão documental são abordagens naturais a esta questão.

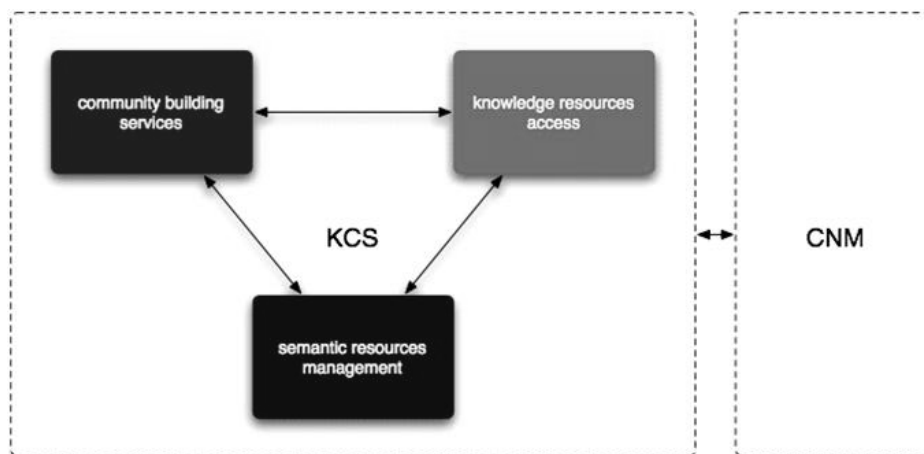


Figura 6.5 - Conceptualização genérica do sistema *Know-Construct* (KCS + CNM).

Esta arquitectura é composta por duas camadas (ver Figura 6.6): *KCS Core Services* e *Systems/Applications*. A camada *KCS Core Services* proporciona um conjunto de serviços centrados na gestão dos recursos semânticos do sistema KC. A ideia arquitectural básica do KCS é ter um conjunto de serviços a ser usados por aplicações/sistemas específicos, adaptáveis e, eventualmente, “feitos-à-medida”. A ideia foi tirar partido, tanto quanto possível, de aplicações/sistemas de código aberto. Por exemplo, usar um sistema de gestão de conteúdos como Zope/Plone ou OpenCMS, proporcionando funcionalidades “feito-à-medida” para organizar relatórios, folhas de cálculo, documentos legais, e para publicar páginas web relacionadas com algum tópico da comunidade. O sistema de gestão de conteúdos é configurável e extensível para usar serviços de documentos/conteúdos, serviços de pesquisa, e serviços de navegação semântica, por forma a proporcionar valor acrescentado na gestão do conhecimento da comunidade.

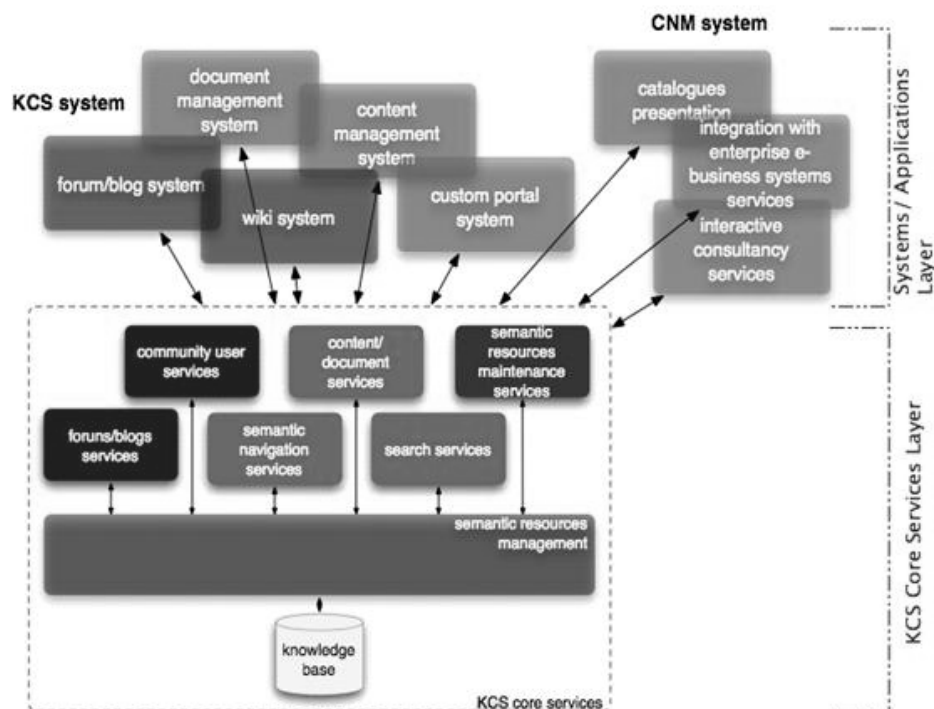


Figura 6.6 - Camadas do sistema KCS.

A camada *KCS Core Services* inclui a *Semantic Resource Management* e um conjunto de funcionalidades que proporcionam à camada *Systems/Applications* acesso aos recursos semânticos, nomeadamente (ver Figura 6.7):

Ontology Manager. Esta parte de gestão dos recursos semânticos diz, primeiramente, respeito a todos os aspectos de manutenção da ontologia global (adiante designada como *CIK Ontology*) da Comunidade CIK e permite aos utilizadores: navegar as entidades, adicionar/remover conceitos/relações, criar novos atributos, tornar obsoleto um conceito, importar taxonomias, e configurar definições do sistema. Deve também tratar ontologias multilíngua. Estreitamente relacionado com o *ontology manager* está o *local ontology manager*. Classificações, thesaurus e vocabulários são recursos semânticos importantes no sector da indústria da construção civil. Esta funcionalidade é fundamental na gestão dos aspectos locais da Comunidade CIK.

Indexing and Knowledge Extraction. Diz respeito a um conjunto de funcionalidades que permitem que a *CIK Ontology* seja automaticamente actualizada, a partir das fontes de conhecimento geridas pela comunidade (documentos, páginas web, etc) e de conteúdos gerados interactivamente, tais como, *weblogs* e fóruns. Este sub-sistema proporciona assim,

um conjunto de funcionalidades que permitem a implementação das actualizações à CIK *Ontology*, bem como funcionalidades para classificação de conteúdo digital utilizado pela comunidade.

Semantic Searching and Navigation. Diz respeito a um conjunto de serviços proporcionados à camada *Systems/Applications* para pesquisa e navegação do conteúdo do sistema KC, usando a ontologia/thesaurus como uma estrutura subjacente. De forma a suportar capacidades de pesquisa sofisticadas do sistema KC, este conjunto de funcionalidades inclui também capacidade de pesquisa e raciocínio acerca dos metadados.

Aggregator/Integrator. Dado que fontes de conhecimento externas específicas relacionadas com a Comunidade CIK deverão ser acedidas pelo utilizador da plataforma, este componente diz respeito a um conjunto de funcionalidades que agregam descrições de metadados, no caso de estarem disponíveis. Se não estiverem disponíveis, este gestor suportará a geração e integração dos metadados.

Business Data Model Wrapper. Proporciona acesso a conteúdos relevantes na base de dados de negócio do sistema KC através da estrutura de metadados. O conteúdo relevante é indexado, e será cedido através de serviços de pesquisa e navegação semânticos.

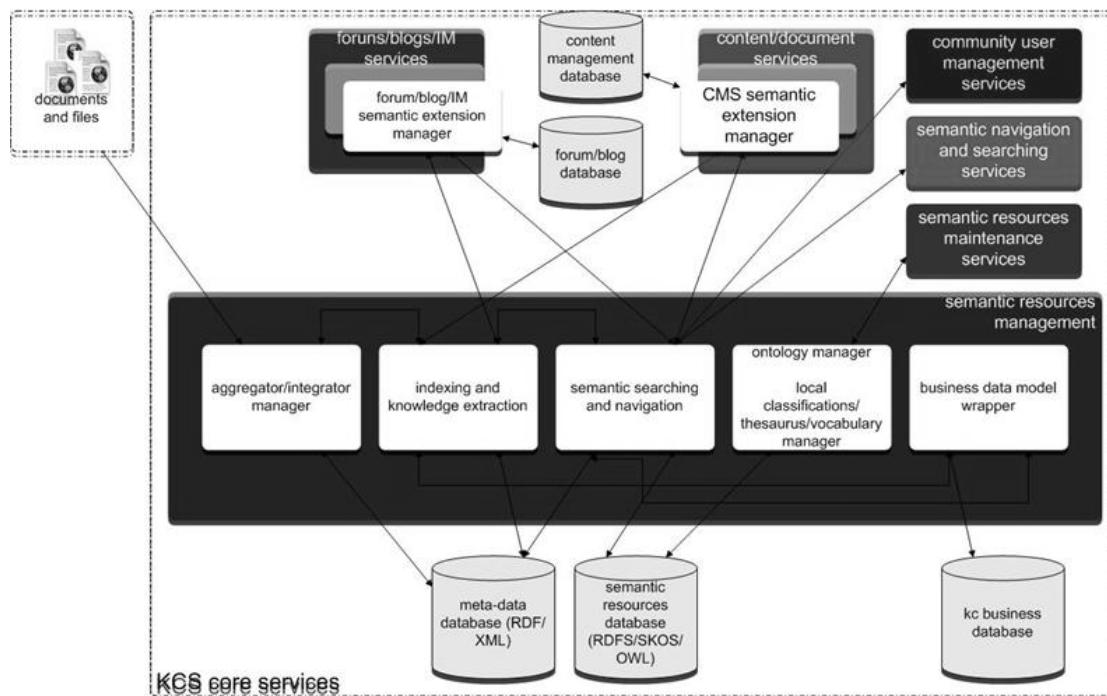


Figura 6.7 - Arquitectura funcional do KCS Core Services.

Além das funcionalidades de gestão dos recursos semânticos, a camada KCS *Core Services* proporciona um conjunto de funcionalidades para ligar os recursos semânticos do sistema KCS às aplicações dos sistemas do utilizador final. Estas incluem:

Content/Document Services. Serviços que proporcionam acesso a indexação, extracção de conhecimento, pesquisa e navegação semântica para funcionalidades de gestão de documentos e de conteúdos.

Forums/Weblogs/IM Services. Serviços que proporcionam acesso a indexação, extracção de conhecimento, pesquisa e navegação semântica para funcionalidades de fóruns, *weblogs* ou mensagens instantâneas.

Semantic Navigation and Search Services. Serviços que proporcionam acesso a pesquisa e navegação a aplicações da camada superior, que não fazem parte das duas categorias anteriores.

Community User Management Services. Serviços que compreendem tudo o que é necessário para criar, manter e aceder aos perfis dos utilizadores, do ponto de vista da comunidade. Isto inclui, suporte para os relacionamentos sociais através de pesquisas e cruzamentos sofisticados dos perfis e conteúdos.

Semantic Resources Maintenance Services. A manutenção da CIK *Ontology* e das ontologias locais é acedida pelas aplicações da camada superior através destes serviços.

Tendo em mente que o sistema KCS foi desenhado para proporcionar recuperação de informação complexa, quer internamente, quer externamente à Comunidade CIK, determinou-se que as tecnologias web seriam uma opção fundamental. Pensa-se assim, que a conformidade com a Web Semântica é potencialmente um dos principais factores de sucesso do projecto KC. Isto concorre com a opinião expressa no documento CEN/CWA15142 (2004), determinando que é possível assentar numa norma onde esforços complementares podem ser combinados de uma forma harmoniosa e holística, especialmente, tendo em vista os desenvolvimentos relacionados com a Web Semântica.

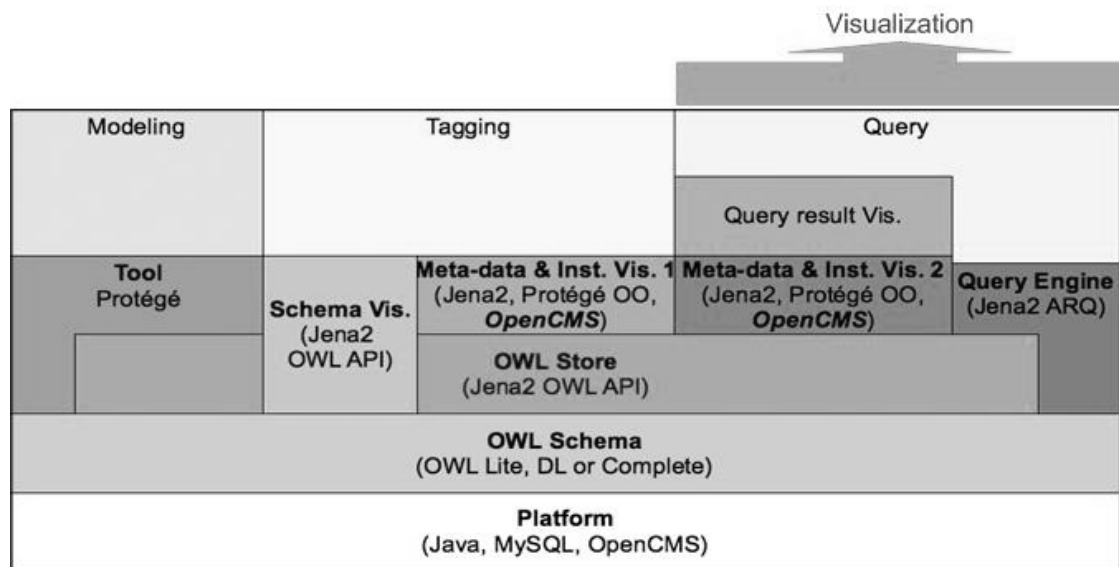


Figura 6.8 - Desenho de alto-nível do sistema *Know-Construct*.

A conformidade com a Web Semântica, em particular as recomendações e desenvolvimentos promovidos, principalmente, pelo W3C, são opções estratégicas para uma eventual construção de uma Ontologia Europeia na área da construção civil. De acordo com este pensamento, foi desenvolvido um desenho de alto-nível, o qual organiza as funcionalidades do sistema KC em quatro áreas principais: modelação (desenvolvimento e utilização da ontologia), *tagging*, consulta, e visualização. Como ferramentas para a infraestrutura e desenvolvimento foram escolhidas Jena2, Protégé e OpenCMS (ver Figura 6.8).

6.4 Desenvolvimento da Ontologia

O caso de estudo da construção civil é aqui usado numa abordagem *bottom-up* para a especificação das fases envolvidas, visto a CIK *Ontology* (ontologia de alto-nível para a área da construção civil) desenvolvida no âmbito do projecto *Know-Construct*, ter sido construída recorrendo-se à união de várias ontologias já existentes nesse domínio.

Face à natureza complexa da indústria da construção, a CIK *Ontology* foi desenvolvida de uma forma iterativa, de modo a assegurar-se que a ontologia resultante fosse representativa e fácil de utilizar, e que correspondesse aos propósitos do projecto. Assim, o modelo seguido é uma adaptação da abordagem seguida pelo projecto eCognos¹ (ver Figura 6.9).

¹ <http://www.e-cognos.org/>

Começou-se por estudar a literatura disponível acerca do desenvolvimento de ontologias e as anteriores tentativas de criar ontologias relacionadas com a construção, tais como, as ontologias desenvolvidas para o sector da construção, nomeadamente, a ontologia do projecto e-Cognos, a norma ISO/DIS12006-2 (2001), a classificação CIC-NET¹, e a taxonomia do projecto e-Construct¹. Foi dedicada atenção especial às descrições relativas à reutilização e integração, de forma a reconhecer os principais problemas identificados e as abordagens seguidas para a sua resolução. Este processo foi complementado com a análise das conclusões dos documentos CEN/CWA14946 (2004), CEN/CWA14947 (2004), CEN/CWA15141 (2004) e CEN/CWA15142 (2004). Outra literatura do domínio da indústria da construção foi também consultada, especialmente, a dedicada a sistemas de classificação, de forma a verificar o valor semântico e a consistência na utilização de alguns conceitos.

A etapa seguinte consistiu num *brainstorming* entre os membros do grupo, complementado com entrevistas e consulta a uma amostra de utilizadores finais das empresas da área, acerca dos principais objectivos, temas e a estrutura global da CIK *Ontology*. Este processo foi iterativamente seguido por um grupo de especialistas do domínio, cujo papel foi analisar e validar a estrutura conceptual e semântica da ontologia. O desenvolvimento desta etapa, teve também em consideração, a necessidade de conformidade com normas expressas por parceiros do projecto. Assim, depois de uma consideração cuidadosa das normas existentes e propostas de classificação na área da construção civil, foi decidido usar a classificação apresentada na norma ISO/DIS12006-2 (2001) como a fonte principal para classificar a informação e estruturar a ontologia.

A etapa seguinte focou-se na análise da ontologia desenvolvida no âmbito do projecto e-Cognos e na determinação da possibilidade de união/integração de módulos na estrutura da CIK *Ontology*. Foi tecida uma análise cuidadosa e alguns testes acedendo às aplicações *e-Coser* e *e-Cognos Ontology Server*, e estudando a distribuição dos conceitos e as relações estabelecidas em cada módulo. Esta abordagem teve também em consideração a utilização difundida do formato IFC (*Industry Foundation Classes*), o qual foi empregue como estrutura base da ontologia e-Cognos. Isto levou à conclusão que, enquanto uma parte podia ser unida na ontologia de alto-nível CIK *Ontology*, outros módulos teriam de ser integrados como um dos principais conceitos de domínio. A razão é que, apenas com o e-Cognos foi considerada a necessidade de um domínio para descrever o ambiente onde os outros domínios principais existem. Foram adicionados alguns conceitos de alto-nível a este domínio, enquanto outros sofreram uma evolução do seu valor semântico, de forma a

¹ <http://www.bcxml.org/>

responder a propósitos e necessidades do sistema KC, especialmente, a nível da representação de aspectos legais.

Paralelamente às etapas descritas anteriormente, foi feita uma análise cuidadosa das classificações propostas no âmbito da UniClass, EPIC e BS6100, dado terem sido reconhecidas por outros projectos nesta área. A análise desses sistemas de classificação mostrou que misturam actores, produtos, e processos e alguns domínios exógenos. Em muitos casos, isto é também feito sem uma abordagem consistente, embora progressos tenham sido feitos em actualizações recentes de algumas classificações. No entanto, estas classificações foram consideradas como um recurso semântico importante para o desenvolvimento da *CIK Ontology*, dado poderem ser mapeadas na estrutura base da ontologia e também poderem ser usadas para o desenvolvimento de ontologias mais específicas. Aqui, outras classificações mais particulares (nacionais) desempenham um papel relevante, permitindo cobrir melhor as necessidades dos parceiros do projecto *Know-Construct*.

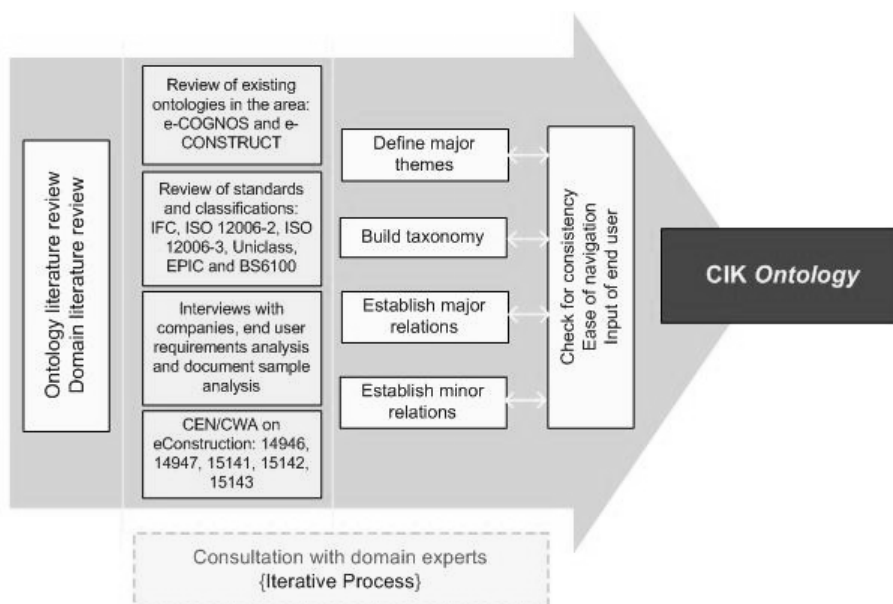


Figura 6.9 - Processo de construção da *CIK Ontology*.

Depois da análise de todas as fontes referidas, comentários dos utilizadores, da análise de requisitos dos utilizadores e de uma revisão dos conceitos mais frequentemente identificados, concluiu-se que os domínios principais de uma ontologia para a indústria da construção eram “ConstructionProcess”, “ConstructionResult”, “ConstructionResource”, “TechnicalTopic” e “Organization”. Estes domínios foram também escolhidos, devido ao seu potencial para integrar outros recursos semânticos disponíveis. Os primeiros 3 domínios coincidem com os temas principais da norma ISO/DIS12006-2 (2001). O domínio “Technical Topic” é o resultado da integração de um módulo do projecto, estendido de forma a incluir questões relacionadas com a

indústria da construção, mas que não eram cobertas pela ontologia desenvolvida no âmbito do projecto e-Cognos e modelo IFC. Todos os domínios integram módulos da ontologia e-Cognos (Lima *et al.*, 2004).

Durante a fase de análise de requisitos, ganhou força a percepção – para fazer face a uma realidade muito concreta das PME de cada país parceiro do projecto e a cada Comunidade CIK, o sistema KC necessitaria de incluir ontologias locais que deveriam responder a necessidades particulares e culturais, e atender ao seu contexto social de utilização. Diferentes países, ou mesmo diferentes Associações Industriais, necessitam de utilizar classificações, thesaurus ou ontologias locais. Como diferentes países terão então diferentes ontologias locais, o melhor processo para “*plug-in*” uma ontologia local na CIK *Ontology* foi definido como sendo fazer o alinhamento entre as ontologias (pormenores sobre esta técnica foram apresentados na secção 5.5.1). A adopção desta metodologia tem a vantagem de facilitar a manutenção e evolução das ontologias e, em termos práticos, a opção de integração de ontologias pode ser um pouco mais difícil no processo de gestão de ontologias e da sua evolução, por exemplo, quando queremos descobrir uma parte da ontologia integrada que sofre mudanças. A CIK *Ontology* reflecte normas e esquemas de classificação relacionados da indústria da construção, e as ontologias locais estarão fortemente relacionadas com as necessidades dos parceiros do consórcio (ver Figura 6.10).

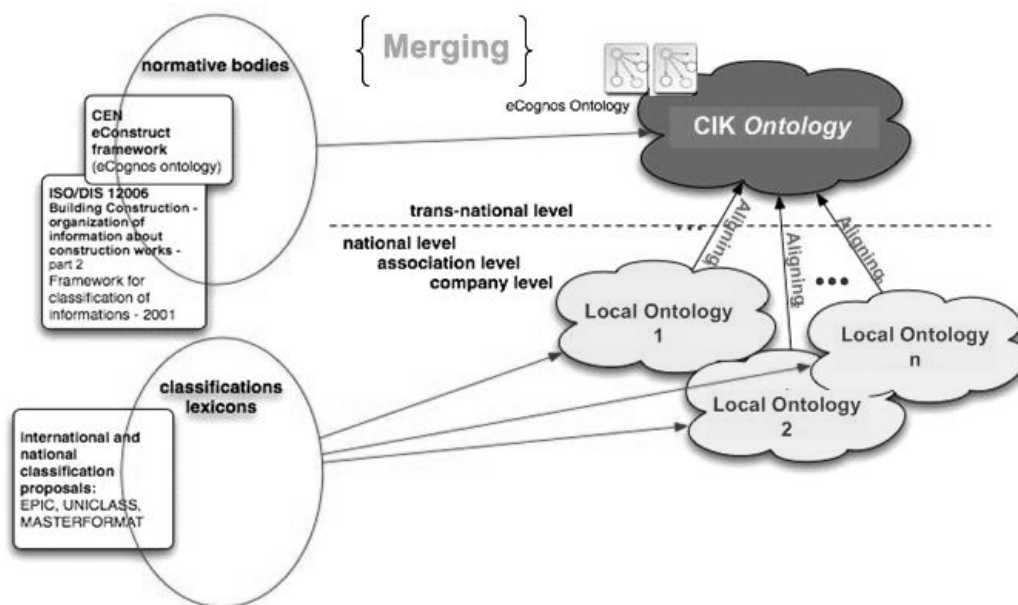


Figura 6.10 - Gestão das ontologias do sistema KC.

Relativamente ao software usado para desenvolvimento da *CIK Ontology*, usou-se o editor Protégé 3.2. As principais razões que se prendem com esta escolha, além das já conhecidas de ser uma ferramenta estável, de código aberto, deve-se também ao facto de não ser apenas uma ferramenta para o desenvolvimento de ontologias e aquisição de conhecimento, mas também uma plataforma para o desenvolvimento de aplicações baseadas no conhecimento, e, mais especificamente, aplicações da Web Semântica. O seu modelo de conhecimento é baseado no protocolo OKBC (*Open Knowledge Base Connectivity*) (Chaudhri *et al.*, 1998), e suporta um mecanismo de meta-modelação muito flexível, que permite construir editores de ontologias para diferentes linguagens (Noy e McGuinness, 2001; Noy *et al.*, 2001). Além disso, tem também a vantagem de existirem muitos *plugins* disponíveis que permitem mecanismos de visualização, suporte em consultas, inferência, etc. Muitas destas funcionalidades podem ser “*wrapped*” em serviços web, e tornarem-se num conjunto de serviços de valor acrescentado proporcionado pelos repositórios de ontologias.

A linguagem usada no desenvolvimento da ontologia foi OWL¹, linguagem reconhecida pelo W3C (*World Wide Web Consortium*). OWL é uma linguagem de marcação semântica, desenvolvida como uma extensão do vocabulário RDF, para definição, publicação e partilha de ontologias na web. OWL é escrito em XML e, portanto, herda todas as vantagens de XML: a informação pode facilmente ser trocada entre computadores usando diferentes tipos de sistemas operativos e linguagens de aplicação. OWL difere de RDF ao permitir maior interpretabilidade pela máquina do conteúdo web e vocabulário adicional a par com as semânticas formais. Uma ontologia OWL contém principalmente classes, propriedades, instâncias de classes e relacionamentos entre instâncias. Adicionalmente, define uma declaração “namespace” e um título da ontologia. Desta forma, pode ser usada directamente para publicar e partilhar conjuntos de termos. Uma visão mais completa de OWL pode ser encontrada em Bechhofer *et al.* (2004)

6.5 Aplicação de Algoritmo para Decomposição

Considerando que a Comunidade CIK, criada no âmbito do projecto *Know-Construct* (KC), se enquadra no conceito de Empresa Virtual (EV) no contexto de um *Virtual Breeding Environment* (VBE) (as Associações Industriais (AI)), após a cessação da Comunidade CIK pretender-se-á salvaguardar o conhecimento gerado e formalmente representado através da *CIK Ontology*. Por forma a que este conhecimento possa ser mais eficazmente reutilizado por outras comunidades que venham a ser criadas pelas Associações Industriais, decompôs-se a *CIK Ontology* em segmentos de

¹ <http://www.w3.org/TR/owl-features/>

ontologias por sub-domínios da área da construção, e armazenaram-se os mesmos, bem como os metadados relacionados, num SBO (Sistema de Biblioteca de Ontologias) de um VBE (*Virtual Breeding Environment*), a Associação Industrial.

Assim, consideremos que queremos armazenar ontologias sob os sub-domínios (classe-alvo): “Organization”, “TechnicalTopic”, “ConstructionProcess”, “ConstructionResult”, “ConstructionResource”, “Tap”, “AppliedCoating”, “SanitaryEquipment”, “SanitaryTapsWates”, “Role”, “OrganizationalStructure”, “LegislationTopic”, “ProjectStage”, “Space”, “ConstructionEntity”, “ConstructionProduct” e “ConstructionAgent”. Aplicamos o algoritmo da decomposição descrito em 5.5.2, e obtemos os respectivos segmentos em formato OWL da ontologia. Da aplicação do algoritmo para decomposição à CIK *Ontology*, de acordo com as classes-alvo identificadas, resultam por cada repetição do algoritmo, duas versões de cada segmento (em formato OWL). Uma versão do segmento sob a designação do tipo “classe-alvo.owl” (segmento sem instâncias) e outra versão do mesmo segmento sob a designação do tipo “classe-alvo_i.owl” (segmento com instâncias). Conforme já referido e justificado na secção 5.5.2, apenas a versão sem instâncias de cada segmento é armazenada no Sistema de Registo de Ontologias do SBO.

Os segmentos de ontologia na versão “classe-alvo_i.owl” distinguem-se dos segmentos na versão “classe-alvo.owl”, por os primeiros conterem as instâncias para todas as classes. Por se considerar que novas EVs em formação não terão vantagem na reutilização de segmentos de ontologia das quais constem instâncias (conforme justificado na secção 5.5.2), as versões dos segmentos com a designação do tipo “classe-alvo_i.owl” são obtidas, apenas com o objectivo de aplicação das métricas “Utilização” (MUT) e “Relacionamento” (MRL) e consequente registo dos resultados nas classes respectivas da Meta-Ontologia (MO). Assim, a cada um destes segmentos de ontologia (versão com instâncias) aplicamos o algoritmo para cálculo da métrica MUT e guardamos os resultados na classe “MUT” da Meta-Ontologia (MO). Aplicamos também o algoritmo da métrica MRL e guardamos os respectivos resultados novamente na MO para a classe “MRL”. Além disso, registamos cada um destes segmentos de ontologia no Sistema de Registo de Ontologias do SBO, classificando-os em todos os aspectos definidos na MO.

Para melhor analisar os segmentos obtidos por aplicação do algoritmo de decomposição, criou-se uma aplicação que permite a conversão do formato OWL para DOT, e assim possibilita a sua visualização graficamente (semelhante a mapas de conceitos). Com este formato, pode verificar-se cada segmento gerado mais facilmente, dado que a partir deste podemos facilmente exportar para os formatos PS, DIA, ou SVG. Esta facilidade, além de permitir, mesmo para utilizadores experimentados na linguagem OWL, uma observação e análise muito mais fácil do conteúdo de

6.5 APLICAÇÃO DE ALGORITMO PARA DECOMPOSIÇÃO

cada segmento de ontologia, possibilita também que utilizadores sem conhecimentos de OWL o possam fazer. Os segmentos em formato DOT são também armazenados no Sistema de Registo de Ontologias (SRO) do SBO.

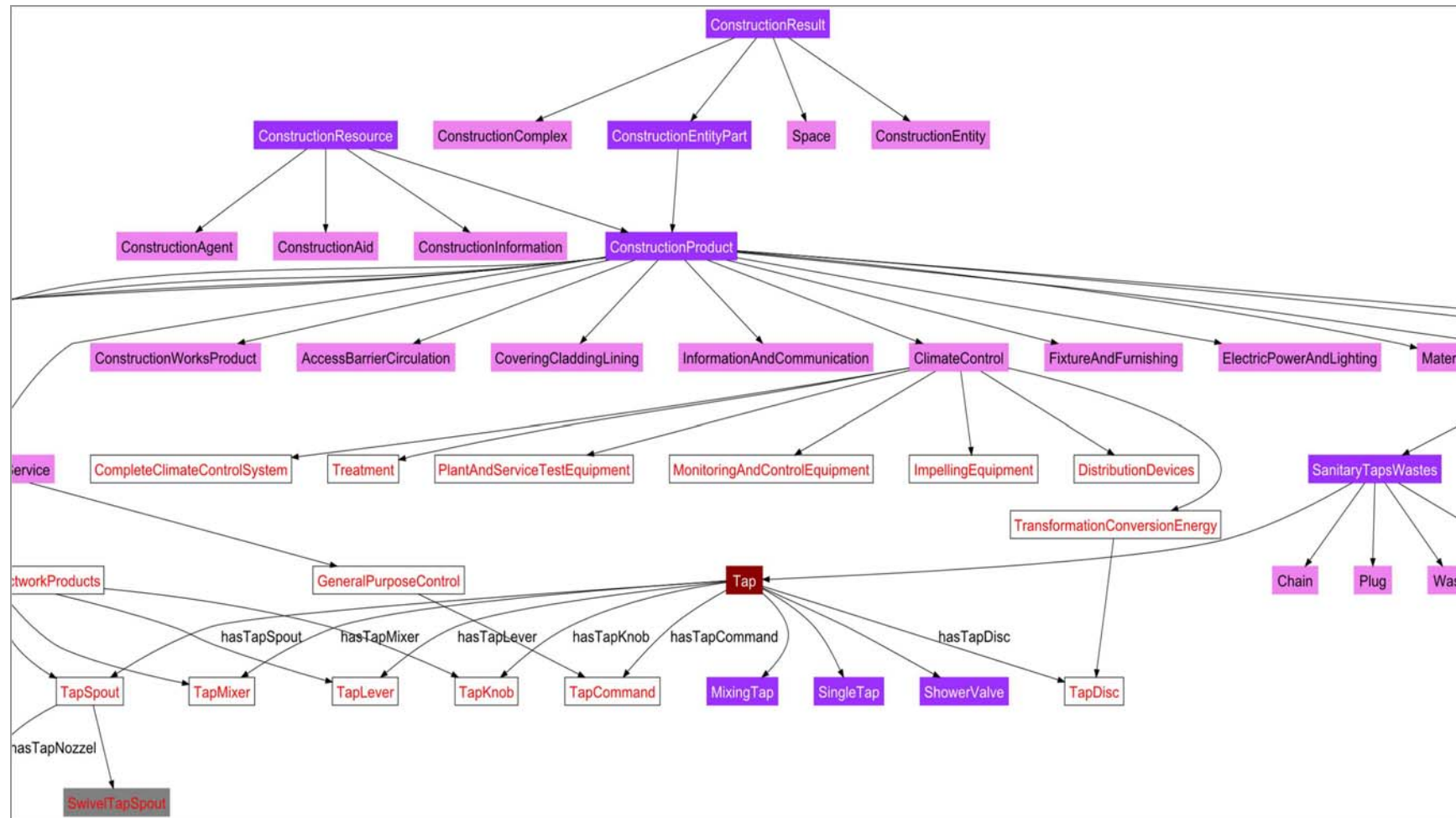


Figura 6.11 - Extracto do segmento de ontologia obtido da aplicação do algoritmo de decomposição sobre a CIK *Ontology* por classe-alvo “Tap”.

Vejamos um extracto de um segmento de ontologia, no caso, “Tap.owl” (ver Figura 6.11). Como se pode observar, neste segmento de ontologia verifica-se que foram “apanhadas” classes em todas as etapas de passagem do algoritmo. Assim:

Passo 1 (rectângulo com fundo vermelho e letras a branco): Foi “apanhada” a classe-alvo (exacta) “Tap”.

Passo 2 (rectângulo com fundo violeta e letras a branco): Foram “apanhadas” as super-classes e sub-classes da classe-alvo.

- Subindo na hierarquia – “SanitaryTapsWastes”, “SanitaryLaundryCleaning”, “ConstructionProduct”, “ConstructionResource”, e “ConstructionEntityPart” e “ConstructionResult”, por estas duas últimas classes serem também super-classes de “ConstructionProduct”;
- Descendo na hierarquia – “MixingTap”, “ShowerValve” e “SingleTap”.

Passo 3 (rectângulo com fundo rosa e letras a preto): Foram “apanhadas” as classes parentes das classes identificadas nos passos 1 e 2.

- “Tap”: “Chain”, “OverflowFitting”, “Plug” e “Waste”;
- “SanitaryTapsWastes”: “SanitaryEquipment”, “RoomCleaningEquipment”, “LaundryEquipment”, “LaundryAndCleaningEquipment” e “WashingAndWasteDisposalEquipment”;
- “SanitaryLaundryCleaning”: “GroundTreatementAndRetention”, “AccessBarrierCirculation”, “InformationAndCommunication”, “GeneralPurposeService”, “TransportEquipment”, “StructuralAndSpaceDivision”, “FixtureAndFurnishing”, “Material”, “ConstructionWorksProduct”, “SupplyAndDistributionOfLiquidAndGas”, “GeneralPurposeConstructionFabric”, “CoveringCladdingLining”, “ClimateControl”, “WasteHandling”, “ElectricPowerAndLighting”;
- “ConstructionProduct”: “ConstructionAid”, “ConstructionInformation”, “ConstructionAgent”;
- “ConstructionResource”: (nenhuma classe encontrada);
- “ConstructionEntityPart”: “ConstructionEntity”, “ConstructionComplex”, “Space”;
- “ConstructionResult”: (nenhuma classe encontrada).

Passo 4 (rectângulo com fundo branco e letras a vermelho): Foram “apanhadas” todas classes ainda não identificadas nos passos anteriores, com relações com a classe-alvo (*object property* e *domain/range*).

- “TapLever” [label=”hasTapLever”];
- “TapDisc” [label=”hasTapDisc”];
- “TapMixer” [label=”hasTapMixer”];
- “TapCommand” [label=”hasTapCommand”];
- “TapSpout” [label=”hasTapSpout”];
- “TapKnob” [label=”hasTapKnob”];
- “TapNozzel” [label=”hasTapNozzel”];
- “ShowerHead”;
- “GeneralPurposeControl”;
- “GeneralPipeworkDuctworkProducts”;
- “DistributionDevices”;
- “ImpellingEquipment”;
- “Treatment”;
- “TransformationConversionEnergy”;
- “CompleteClimateControlSystem”;
- “MonitoringAndControlEquipment”;
- “PlantAndServiceTestEquipment”.

Passo 5 (retângulo com fundo cinza e letras a vermelho): Foram “apanhadas” todas classes ainda não identificadas nos passos anteriores, cujo nome inclui a designação da classe-alvo.

- “SwivelTapSpout”.

À partida, poderia parecer que um segmento de ontologia obtido da classe-alvo “SanitaryEquipment” deveria incluir a classe “Tap”, isto é, poderia esperar-se que o segmento “SanitaryEquipment.owl” incluiria o segmento “Tap.owl”, por se saber que torneiras são produtos que podem ser aplicados em equipamento sanitário. No entanto, não é assim. Observemos então na Figura 6.12, um extracto do segmento de ontologia “SanitaryEquipment.owl”, para melhor compreendermos.

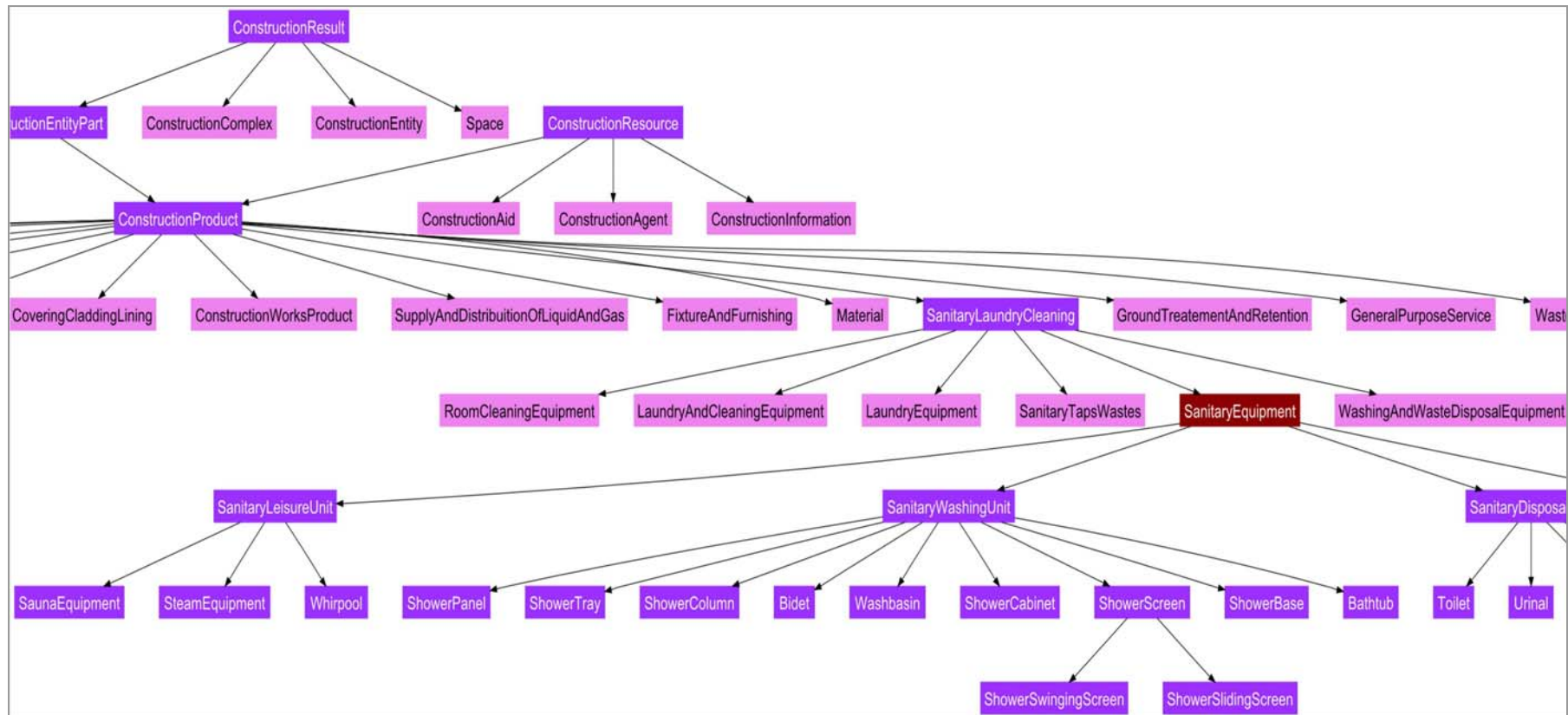


Figura 6.12 - Extracto do segmento de ontologia obtido da aplicação do algoritmo de decomposição sobre a CIK *Ontology* por classe-alvo “SanitaryEquipment”.

Neste segmento de ontologia “SanitaryEquipment.owl” verifica-se que não foram “apanhadas” classes em todas as etapas de passagem do algoritmo, isto é, não foram “apanhadas” quaisquer classes nos passos 4 e 5 de passagem do algoritmo. Assim:

Passo 1 (retângulo com fundo vermelho e letras a branco): Foi “apanhada” a classe-alvo (exacta) “SanitaryEquipment”.

Passo 2 (retângulo com fundo violeta e letras a branco): Foram “apanhadas” as super-classes e sub-classes da classe-alvo.

- Subindo na hierarquia – “SanitaryLaundryCleaning”, “ConstructionProduct”, “ConstructionResource”, e “ConstructionEntityPart” e “ConstructionResult”, por estas duas últimas classes serem também super-classes de “ConstructionProduct”;
- Descendo na hierarquia – “SanitaryDisposalUnit” (“Toilet”, “WC”, “WCSeat”, “WCCistern”, “Urinal”), “SanitaryLeisureUnit” (“SteamEquipment”, “SaunaEquipment”, “Whirpool”), “CompleteSanitarySuite”, “SanitaryWashingUnit” (“ShowerTray”, “ShowerScreen” (“ShowerSlidingScreen”, “ShowerSwingingScreen”), “ShowerBase”, “Bathtub”, Bidet”, “ShowerColumn”, “Washbasin”, “ShowerCabinet”, “ShowerPanel”).

Passo 3 (retângulo com fundo rosa e letras a preto): Foram “apanhadas” as classes parentes das classes identificadas nos passos 1 e 2.

- “SanitaryEquipment”: “SanitaryTapsWastes”, “RoomCleaningEquipment”, “LaundryEquipment”, “LaundryAndCleaningEquipment” e “WashingAndWasteDisposalEquipment”;
- “SanitaryLaundryCleaning”: “GroundTreatementAndRetention”, “AccessBarrierCirculation”, “InformationAndCommunication”, “GeneralPurposeService”, “TransportEquipment”, “StructuralAndSpaceDivision”, “FixtureAndFurnishing”, “Material”, “ConstructionWorksProduct”, “SupplyAndDistributionOfLiquidAndGas”, “GeneralPurposeConstructionFabric”, “CoveringCladdingLining”, “ClimateControl”, “WasteHandling”, “ElectricPowerAndLighting”;
- “ConstructionProduct”: “ConstructionAid”, “ConstructionInformation”, “ConstructionAgent”;
- “ConstructionResource”: (nenhuma classe encontrada);
- “ConstructionEntityPart”: “ConstructionEntity”, “ConstructionComplex”, “Space”;
- “ConstructionResult”: (nenhuma classe encontrada).

Analisando os resultados obtidos, podemos concluir que o segmento “SanitaryEquipment.owl” não inclui a classe “Tap”, como à partida se poderia esperar, dado o facto de na CIK *Ontology* a classe “Tap” ser uma sub-classe da classe “SanitaryTapsWastes” e não da classe “SanitaryEquipment”. Mais, “SanitaryTapsWastes” e “SanitaryEquipment” são classes parentes, sub-classes da classe “SanitaryLaundryCleaning”. Os segmentos “SanitaryEquipment.owl” e “Tap.owl” são, portanto, iguais até ao nível hierárquico das sub-classes da classe “SanitaryLaundryCleaning”. A partir daí, distinguem-se por o primeiro conter toda a sub-hierarquia de sub-classes de “SanitaryEquipment” (passo 2 – descendo na hierarquia), não constante no segmento “Tap.owl”. O segundo, por sua vez, inclui, além da sub-hierarquia de sub-classes da classe “Tap” (obtida por passagem do algoritmo no passo 2 – descendo na hierarquia), as classes obtidas nos passos 4 (classes com relações com a classe-alvo – *object property* e *domain/range*) e 5 (classes não identificadas nos passos anteriores, cujo nome inclui a designação da classe-alvo). Como já referido, verificou-se que o segmento “SanitaryEquipment.owl” não inclui quaisquer classes resultantes da passagem do algoritmo no passo 4 e 5.

Assim, podemos ainda deduzir que o segmento “SanitaryEquipment.owl” será relevante nas situações em que for de interesse uma ontologia para estruturação da informação, relativamente apenas a equipamento sanitário. O segmento “Tap.owl”, por sua vez, terá interesse quando se pretender especificamente a estruturação da informação com detalhe dos vários tipos e modelos de torneiras possíveis. Ainda, no caso de se vislumbrar vantagens sobre os dois segmentos de ontologias para um domínio específico de operação de uma determinada EV, face à análise feita na secção 5.5.1 sobre as várias técnicas disponíveis para composição de ontologias, neste caso o mais eficiente seria fazer-se a integração destes dois segmentos de ontologia, visto puderem ser considerados pertencerem a sub-domínios distintos.

6.6 Aplicação das Métricas para Ordenação

Consideremos agora que integrando o centro de desenvolvimento de uma nova comunidade (Empresa Virtual) cuja formação se inicia, se pesquisa o Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO) da Associação Industrial (*Virtual Breeding Environment*) para obter segmentos de ontologias a partir das palavras-chave: “Tap” e “SanitaryEquipment”. Como resultado, é suposto obter-se os seguintes segmentos de ontologias: “Tap.owl” (e “Tap_i.owl”), “SanitaryEquipment.owl” (e “SanitaryEquipment_i.owl”), “SanitaryTapsWates.owl” (e “SanitaryTapsWates_i.owl”), “ConstructionResult.owl” (e “ConstructionResult_i.owl”), “ConstructionResource.owl” (e “ConstructionResource_i.owl”), “ConstructionProduct.owl” (e “ConstructionProduct_i.owl”), e “ConstructionEntity.owl” (e “ConstructionEntity_i.owl”).

Aplicando o algoritmo da Avaliação Parcial (AP) sobre as métricas MCB, MCP, MRP e MPR, e obtendo os valores de MUT e MRL guardados na MO relativos a estes segmentos de ontologias, obtemos os resultados apresentados na Tabela 6.2. Para obtenção destes resultados, foram introduzidos os pesos, cuja observação é possível obter-se na Tabela 6.3.

T

Tap
SanitaryEquipment

Ranked Results:

source	MCB	MCP	MRP	MPR	MRL	MUT	AP	Score
/onto/metrics2/ConstructionEntity_i.owl	5,6	3,1538462	0,0769231	0,0641026	0	2,4923077	0,302796	4º
/onto/metrics2/ConstructionProduct_i.owl	5,6	4,1538462	1,0730769	0,550641	0	2,4923077	0,379719	1º
/onto/metrics2/ConstructionResource_i.owl	5,6	3,1538462	0,0769231	0,0641026	0	2,4923077	0,302796	4º
/onto/metrics2/ConstructionResult_i.owl	5,6	4,9038462	0,0769231	0,0641026	0	2,4923077	0,347957	2º
/onto/metrics2/SanitaryEquipment_i.owl	1	7,75	0	0	0	7,4	0,238710	5º
/onto/metrics2/SanitaryTapsWastes_i.owl	2,4	2,5	0,2	0,4	0	4,04	0,175484	6º
/onto/metrics2/Tap_i.owl	5,6	2,1153846	0,6410256	0,4059829	0	2,4461538	0,306656	3º

Tabela 6.2 - Resultado da aplicação das métricas considerando os pesos indicados na Tabela 6.3.

MCP				MCB		w_{mcb}	w_{mcp}	w_{mmp}	w_{mpr}	MRL		MUT	
w_1	w_2	w_3	w_4	α	β					φ	λ	μ	δ
0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4
0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4
0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4
0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4
0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4
0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4
0,25	0,25	0,25	0,25	0,6	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,6	0,4

Tabela 6.3 - Valores de pesos introduzidos para obtenção dos resultados apresentados na Tabela 6.2.

Relativamente aos pesos considerados e indicados na Tabela 6.3, relembremos que α e β da métrica MCB (Cobertura) representam os pesos considerados, respectivamente, para as parcelas relativas às classes exactamente iguais e parcialmente iguais aos termos pesquisados. Relativamente à métrica MCP (Compleitude), w_1 , w_2 , w_3 e w_4 , representam, respectivamente, os pesos considerados para as parcelas relativas ao número de relações, número de super-classes, número de sub-classes e número de classes parentes das classes identificadas. No cálculo da Avaliação Parcial (AP) foram considerados, respectivamente, os pesos w_{mcb} , w_{mcp} , w_{mmp} e w_{mpr} relativos às métricas Cobertura, Compleitude, Representatividade e Proximidade. Na métrica MRL (Relacionamento), os pesos φ e λ , dizem respeito, respectivamente, ao número de ontologias importadas e ao número de ontologias que o segmento importa. Finalmente, na métrica MUT (Utilização), os pesos μ e δ , referem-se às instâncias de classes exactamente iguais e parcialmente iguais aos termos pesquisados, respectivamente.

Atendendo ainda, a que a soma dos pesos considerados em cada uma das métricas, bem como no cálculo da Avaliação Parcial, deve ter valor 1; considerou-se para MCP uma distribuição equitativa ($w_i = 0.25$ para $i = \{1, 2, 3 \text{ e } 4\}$), por se entender não existir razão para dar maior relevância a alguma(s) das parcelas em relação a outras. Situação semelhante, considerou-se em relação à métrica MRL ($\varphi = \lambda = 0.5$), dado entender-se não existir relevância distinta por o segmento de ontologia importar outras ontologias ou ser importado por. No caso das métricas MCB e MUT, entendeu-se dar maior relevância à parcela relativa às classes ou instâncias de classes exactamente iguais aos termos pesquisados, e assim considerou-se a razão de 0.6 para 0.4.

Ainda, e relativamente aos pesos considerados no cálculo da Avaliação Parcial (AP), entendeu-se dar um pouco mais de peso às métricas MCB e MCP, tendo considerado-se um peso equitativo de 0.3 para estas e de 0.2 para as métricas MRP e MPR. A justificação para esta distribuição dos pesos no cálculo da Avaliação Parcial, prende-se essencialmente por nos parecer que a decisão por um segmento de ontologia em detrimento de outro, pesará substancialmente pela quantidade de classes coincidentes com os termos pesquisados e pelo grau de detalhe das mesmas (relações com outras classes, sub-classes, super-classes e classes parentes). O grau de representatividade de uma classe no segmento de ontologia ou o grau de proximidade entre as classes, apesar de importante para o resultado final, foi neste caso considerado com uma relevância ligeiramente inferior.

Analisando os resultados obtidos, podemos observar que o segmento de ontologia que recebeu “*Score*” (valor de AP) mais elevado foi “ConstructionProduct_i.owl” (0.379719), seguido, respectivamente, pelos segmentos “ConstructionResult_i.owl” (0,347957), “Tap_i.owl” (0.306656), “ConstructionEntity_i.owl” (0.302796), “ConstructionResource_i.owl” (0.302796) (estes dois últimos, curiosamente, com valor exactamente igual, apesar de terem uma hierarquia de classes completamente diferente), “SanitaryEquipment_i.owl” (0.238710) e, com “*Score*” mais baixo, o segmento “SanitaryTapsWastes_i.owl” (0.175484). É de interesse salientar o caso do segmento “SanitaryEquipment_i.owl”, que obtendo um dos valores de AP mais baixos, dado receber valor nulo nas métricas MRP e MPR, obteve o valor mais elevado de todos na métrica MUT. Significa este facto que, “SanitaryEquipment_i.owl” trata-se do segmento de ontologia com maior número de instâncias, e portanto, sobre o qual recaiu maior utilização em termos de operação na comunidade que lhe deu origem, e consequentemente, provavelmente será o segmento de ontologia mais desenvolvido.

Ainda assim, e de forma a compreender melhor a influência dos pesos nos resultados obtidos, apresenta-se na Tabela 6.4 os resultados obtidos, considerando os mesmos termos de pesquisa nos mesmos segmentos de ontologias, mas alterando os pesos. Neste caso, considerou-se

uma distribuição equitativa dos pesos, quer no cálculo parcelar das métricas, quer no cálculo da Avaliação Parcial (ver Tabela 6.5).

T

Tap

SanitaryEquipment

Ranked Results:

source	MCB	MCP	MRP	MPR	MRL	MUT	AP	Score
/onto/metrics2/ConstructionEntity_i.owl	6,5	3,1538462	0,0769231	0,0641026	0	2,5769231	0,315964	3º
/onto/metrics2/ConstructionProduct_i.owl	6,5	4,1538462	1,0730769	0,550641	0	2,5769231	0,396050	1º
/onto/metrics2/ConstructionResource_i.owl	6,5	3,1538462	0,0769231	0,0641026	0	2,5769231	0,315964	3º
/onto/metrics2/ConstructionResult_i.owl	6,5	4,9038462	0,0769231	0,0641026	0	2,5769231	0,372415	2º
/onto/metrics2/SanitaryEquipment_i.owl	1	7,75	0	0	0	7	0,282258	5º
/onto/metrics2/SanitaryTapsWastes_i.owl	2,5	2,5	0,2	0,4	0	3,7	0,180645	6º
/onto/metrics2/Tap_i.owl	6,5	2,1153846	0,6410256	0,4059829	0	2,5384615	0,311690	4º

Tabela 6.4 - Resultado da aplicação das métricas considerando os pesos indicados na Tabela 6.5.

MCP				MCB		w _{mcb}	w _{mcp}	w _{mnp}	w _{mpr}	MRL		MUT	
w ₁	w ₂	w ₃	w ₄	α	β					φ	λ	μ	δ
0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5
0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5
0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5
0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5
0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5
0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5
0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0,5	0,5	0,5

Tabela 6.5 - Valores de pesos introduzidos para obtenção dos resultados apresentados na Tabela 6.4.

Como se pode observar, os resultados apresentados na Tabela 6.4 não diferem muito dos apresentados na Tabela 6.2. Verifica-se que os segmentos de ontologia classificados nos 1º e 2º lugares são os mesmos, “ConstructionProduct_i.owl” e “ConstructionResult_i.owl”, respectivamente. Assim como, os segmentos de ontologia classificados em 5º e 6º lugar, “SanitaryEquipment_i.owl” e “SanitaryTapsWastes_i.owl”, respectivamente. Houve então, apenas troca de posição entre os segmentos nos 3º e 4º lugares. Mas, como a diferença entre os valores de “Score” é mínima (acontece apenas na 3ª casa decimal), não conseguimos encontrar intuitivamente uma justificação válida. Verifica-se que o valor de MCB aumentou (passou de 5.6 para 6.5), o que nos leva a concluir que existem substancialmente mais classes parcialmente coincidentes com os termos pesquisados do que classes exactamente coincidentes, e assim, face ao peso dado às primeiras ter subido, fez com que o valor de MCB também aumentasse. No entanto, o facto de se ter considerado peso equitativo para as quatro métricas no cálculo da Avaliação Parcial, levaria a esperar que o aumento verificado de MCB fosse praticamente anulado neste resultado. Além de que, os segmentos em causa têm exactamente os mesmos valores de MCB em ambas as situações consideradas. Portanto, podemos concluir que esta ligeira diferença não tem significado relevante.

Face a estes factos, será interessante, de forma a melhor sustentar a decisão, observar os mapas de conceitos (formato SVG obtido do formato DOT sobre o formato OWL, gerado por aplicação do algoritmo de decomposição) dos segmentos de ontologia “SanitaryEquipment.owl” (ver Figura 6.12), “Tap.owl” (ver Figura 6.11) e “ConstructionProduct.owl”. Dada a dimensão do grafo relativo ao segmento de ontologia “ConstructionProduct.owl”, optámos por não o apresentar neste documento. No entanto, por observação das Figura 6.11 e Figura 6.12, facilmente se depreende que, sendo a classe “ConstructionProduct” super-classe da classe “SanitaryLaundryCleaning” e esta por sua vez, super-classe das classes parentes “SanitaryTapsWastes” (superclasse da classe “Tap”) e “SanitaryEquipment”, o segmento de ontologia “ConstructionProduct” abarcará, senão completamente, uma grande parte das estruturas hierárquicas dos segmentos de ontologia “SanitaryEquipment.owl” e “Tap.owl” (estes dois, que como já observámos na secção anterior, têm uma parte substancial da estrutura hierárquica coincidente).

Assim, é óbvio que para uma decisão completamente fundamentada do segmento ou segmentos a escolher como relevantes para constituir a ontologia global de uma EV em formação, seria necessário saber exactamente qual o domínio de operação. No entanto, não nos podemos esquecer que se no exemplo considerado, a pesquisa ao Sistema de Registo de Ontologias foi feita pelos termos “Tap” e “SanitaryEquipment”, simultaneamente, é porque se espera obter uma ontologia que seja o mais completa possível na representação dos dois termos. Ora, pode-se facilmente depreender, apoiado também na explanação já feita na secção 6.5 sobre os segmentos de ontologias “Tap.owl” e “SanitaryEquipment.owl”, que estes dois segmentos se distinguem essencialmente no detalhe que cada um tem relativamente ao produto em causa (torneiras e equipamento sanitário, respectivamente). O segmento “SanitaryEquipment.owl” apesar de indicar, face ao resultado obtido de MUT, ter tido a taxa de utilização mais elevada, não parece ser suficiente para satisfazer a necessidade pretendida, dado apenas responder à pesquisa pelo termo “SanitaryEquipment” e como já vimos, nada conter relativamente ao produto torneiras, e por isso o valor de MCB ser 1. Logo, neste caso particular, a escolha deveria cair sobre o segmento de ontologia “ConstructionProduct.owl”; ou então, caso se mostrasse completamente desnecessário a representação de outros produtos da área da construção que não torneiras e equipamento sanitário, e por isso não se tirar vantagem de um segmento de ontologia tão grande, optar-se-ia por ambos os segmentos ontologia “SanitaryEquipment.owl” e “Tap.owl” e far-se-ia a integração dos mesmos, conforme já sugerido na secção 6.5.

6.7 Discussão

Originalmente, conforme descrito no início deste capítulo, o conceito do projecto *Know-Construct* (KC) consistiu no desenvolvimento de uma infra-estrutura de suporte à formação de uma comunidade virtual de conhecimento na indústria da construção (Comunidade CIK), comunidade esta cuja gestão seria potenciada no âmbito das Associações Industriais (AI) da área da construção civil. A Comunidade CIK esperava-se, assim, ser uma comunidade estável, cuja gestão incidisse principalmente na inclusão das ontologias locais na ontologia global (CIK *Ontology*) e consequente manutenção da sua evolução. Também aqui, a CIK *Ontology* entendia-se ser uma ontologia relativamente estável.

Neste caso, em que se tratou a aplicação do método para apoiar a composição e decomposição de ontologias descrito no capítulo 5, estamos a tratar outro comportamento desta comunidade (Comunidade CIK), como uma Empresa Virtual (EV) no contexto de um *Virtual Breeding Environmet* (VBE) - a Associação Industrial (AI).

Assim, consideramos que as Associações Industriais poderiam aqui ser vistas como *Virtual Breeding Environmets* e que assim sendo, seriam ambientes potenciadores à formação de novas comunidades (representadas no modelo como Empresas Virtuais). Desta forma, assumindo a possibilidade de dissolução da Comunidade CIK, haveria todo o interesse em decompor a ontologia global criada (CIK *Ontology*) em alguns segmentos de ontologia, de acordo com os principais sub-domínios da área da construção retratados nesta. O objectivo, simultâneo, seria salvaguardar o conhecimento gerado e formalmente representado através da CIK *Ontology*, mas também potenciar que este conhecimento possa ser mais eficazmente reutilizado por outras comunidades que venham a ser criadas pela Associação Industrial.

Assim, considerou-se a decomposição da CIK *Ontology* nos seguintes sub-domínios (classe-alvo): “Organization”, “TechnicalTopic”, “ConstructionProcess”, “ConstructionResult”, “ConstructionResource”, “Tap”, “AppliedCoating”, “SanitaryEquipment”, “SanitaryTapsWates”, “Role”, “OrganizationalStructure”, “LegislationTopic”, “ProjectStage”, “Space”, “ConstructionEntity”, “ConstructionProduct” e “ConstructionAgent”. Os segmentos de ontologias originados são formalmente armazenados, bem como os metadados relacionados, num Sistema de Biblioteca de Ontologias da Associação Industrial.

Considerando, posteriormente, a formação de uma nova comunidade (Empresa Virtual), e a necessidade de encontrar ontologias relevantes para integrar uma nova ontologia global para apoio à sua operação, proceder-se-ia à pesquisa no Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO) da

6.7 DISCUSSÃO

Associação Industrial (*Virtual Breeding Environment*), para obter segmentos de ontologias de acordo com os domínios de interesse. Neste caso, considerou-se a pesquisa pelas palavras-chave: “Tap” e “SanitaryEquipment”. Aos segmentos de ontologia resultantes, aplica-se as métricas para ordenação, de acordo com o indicado na secção 5.4.1, e procede-se à respectiva selecção.

CONCLUSÕES E TRABALHO FUTURO

A terminar esta dissertação apresenta-se um resumo do que foi abordado na mesma, referem-se as principais contribuições para a investigação nas áreas tratadas, mas também algumas limitações confrontadas durante o desenvolvimento e resultados deste trabalho. Finalmente, apresentam-se alguns tópicos de investigação no sentido de continuar o trabalho aqui apresentado.

7.1 Conclusões

O âmbito desta dissertação distribui-se por três áreas principais de investigação: (1) Redes colaborativas, (2) Gestão da informação e do conhecimento, e (3) Engenharia de Ontologias. O trabalho desenvolvido com vista à apresentação desta tese começou e acabou por estender-se, em praticamente todo o seu curso, por uma revisão do estado-da-arte nestas três vertentes do saber.

O estudo sobre as redes colaborativas e as suas várias formas de manifestação permitiu desenvolver um modelo de enquadramento do processo que envolve a formação de uma Rede de Empresas (RE), num contexto de longa duração e confiança mútua – *Virtual Breeding Environment* (VBE). Este ambiente, considerado potenciador da formação dinâmica de Empresas Virtuais (EV) (falamos de Empresas Virtuais e não de Organizações Virtuais, por atendermos especificamente o caso de empresas cujo objectivo de parceria tem exclusivamente fins comerciais e de lucro) entende-se que sofrerá alterações ao longo da passagem pelas várias fases dos ciclos de vidas das

7.2 LIMITAÇÕES

Empresas Virtuais constituídas (formação, operação/evolução e dissolução), mas não se considera a sua cessação.

Atendendo a que era também nosso objectivo contribuir para a conceptualização e modelação do processo de gestão e manutenção da informação e conhecimento das Empresas Virtuais, foi necessária uma adequada revisão sobre os trabalhos publicados nesta matéria. Este permitiu completar o nosso modelo com a especificação de um Sistema de Biblioteca de Ontologias (SBO), que permitisse armazenar e gerir adequadamente a informação e conhecimento trazido e gerado por cada Empresa Virtual formada, mas principalmente possibilitasse a sua reutilização em Empresas Virtuais futuras.

O Sistema de Biblioteca de Ontologias inclui um Sistema de Registo de Ontologias, permitindo o registo e armazenamento de cada ontologia, mas também a sua classificação através de uma Meta-Ontologia desenvolvida para o efeito. Além disso, o modelo descreve as métricas implementadas com objectivo de permitir a ordenação e selecção de ontologias, obtidas por pesquisa ao sistema, com base em palavra(s)-chave (domínios). O objectivo é encontrar as ontologias adequadas para reutilização em determinada Empresa Virtual.

Para apoiar o processo de dissolução de cada Empresa Virtual foi definido e implementado um algoritmo, cuja aplicação a uma dada ontologia resultante da Empresa Virtual permite a sua segmentação em ontologias mais pequenas, por domínios complementares. Pensamos contribuir assim, para uma mais simples estruturação e formalização do conhecimento, que facilitará a sua reutilização.

7.2 Limitações

No decorrer do trabalho de investigação para apresentação desta tese, foram surgindo diversas dificuldades, que foram sendo resolvidas com maior ou menor facilidade.

A API do Jena só permite identificar quais as instâncias que pertencem a uma dada classe. Não permite, no entanto, identificar se a instância foi ou não declarada (e não inferida) como pertencendo a uma classe ou não. Sendo assim, a aplicação do algoritmo para decomposição repete o registo da instância para todas as classes para o qual é membro. Logicamente, este procedimento está correcto, mas implica um maior desperdício de espaço e tempo de cálculo. Foi decidido manter este resultado tal como está (não afecta as conclusões que poderão ser retiradas do segmento de ontologia), já que “limpar” o segmento de ontologia requeriria mais algum esforço de programação.

O algoritmo implementado para decomposição de ontologias permite a pesquisa por apenas uma classe-alvo, e considerando que é identificada por apenas um termo (uma palavra). Assumimos portanto, que a pesquisa da classe-alvo é feita com uma única palavra de pesquisa. Se mais do que uma for utilizada, a segmentação só utiliza a última classe-alvo identificada.

A fórmula para cálculo da métrica MUT (Utilização) indica que deveremos somar o número de instâncias por classe. Existem dois componentes, um para classes de coincidência exacta e outro para as classes de coincidência parcial. A contagem das instâncias é em função do texto de pesquisa, e por isso uma mesma classe pode ser encontrada (e consequentemente as suas instâncias contadas) múltiplas vezes. Vejamos um exemplo: texto de pesquisa “*relationship*” e “*social*”. Imaginemos duas classes: classe 10 – “*individual relationship*” e classe 14 - “*social relationship*”. Assumimos também que só a classe 14 tem uma instância. Isto significa que classe 10 irá contar a sua instância uma vez via o texto de pesquisa “*relationship*”. Aqui não existe problema. Mas, a classe 14 irá contar a instância duas vezes: uma pelo texto de pesquisa “*social*” e outra pelo texto “*relationship*”. Para evitar tais confusões são acumuladas as instâncias por cada classe (independentemente do texto de pesquisa) e só no fim é que sua contagem é feita. No entanto, ainda pode ocorrer o problema de contar uma classe múltiplas vezes, se a mesma é identificada para uma coincidência exacta e outra parcial.

Na métrica MRL (Relacionamento) são contabilizadas o número de importações (cada importação é identificada pelo seu URI, e o próprio OWL que importa os restantes ficheiros é identificado pelo seu “base URI” (também conhecido por “Ontology URI”). Também são contabilizadas as vezes que um ficheiro é importado por outros. Duas questões existem aqui. A primeira é que um ficheiro OWL pode declarar a propriedade “Ontology” mais do que uma vez. Caso assim seja, temos que “adivinhar” qual é a propriedade de base do actual ficheiro ou utilizar a indicação explícita via a propriedade *xml:base (name space)*. O código deverá suportar os casos mais gerais, mas não foi possível testar. Assume-se que o editor OWL será sempre o Protégé e por isso, o *name space* é válido. Neste caso, o código funciona correctamente.

Outra questão é que a métrica MRL não funciona com os resultados da aplicação do algoritmo da decomposição, isto é, com os segmentos de ontologia. Neste caso a segmentação é um ficheiro autónomo e por isso, não possui importação.

7.3 Trabalho Futuro

Todo o trabalho de investigação feito, que culmina com a apresentação da presente tese, permite sugerir algumas orientações de trabalho futuro que, dando continuidade ao apresentado aqui, poderão trazer contributos importantes para o refinamento do método aqui proposto.

7.3 TRABALHO FUTURO

No seguimento deste trabalho, uma primeira abordagem pode ser a operacionalização do sistema, isto é, implementação de uma plataforma que permita suportar de forma integrada todo o processo de gestão do Sistema de Biblioteca de Ontologias do *Virtual Breeding Environment*, nomeadamente, a pesquisa no sistema por ontologias de interesse para a Empresa Virtual (por introdução da(s) palavra(s)-chave), a consequente aplicação das métricas para ordenação das ontologias resultantes, e apoio no processo de decisão através da possibilidade de visualização da estrutura hierárquica dos segmentos de ontologia em questão. Ainda, a plataforma deve integrar a possibilidade de classificação dos segmentos de ontologia no Sistema de Registo de Ontologias, por acesso à Meta-Ontologia e o consequente *upload* dos ficheiros OWL e DOT para armazenamento na mesma.

Seria também interessante verificar a aplicação das técnicas desenvolvidas no âmbito deste trabalho, num sistema colaborativo de gestão de ontologias. Este sistema deve permitir a composição de ontologias, a decomposição de ontologias e a gestão do sistema de biblioteca de ontologias de uma forma colaborativa.

Uma outra vertente desta abordagem, que não foi adequadamente especificada, tem a ver com a fase da composição de ontologias. Apesar de serem conhecidas várias metodologias para construção de ontologias e também algumas técnicas para integração e união de ontologias, o método apresentado requer algum refinamento nesta questão. Será necessário definir um método mais detalhado, que oriente o utilizador (desenvolvedor da ontologia) na construção da ontologia global que irá apoiar a operação de uma Empresa Virtual, isto é, ajude na identificação da técnica mais adequada para integração de duas ou mais ontologias, e que face à escolha feita, especifique detalhadamente os passos a seguir.

Uma outra questão no âmbito desta investigação, que apesar de ter sido considerada inicialmente, por requisitos de tempo foi abandonada, tem a ver com a necessidade de um estudo aprofundado sobre a apetência das PME para formar redes/comunidades de conhecimento. Elaborou-se, durante o percurso deste trabalho de investigação, um questionário para suportar este estudo, cujo objectivo era submeter a algumas PME da área da construção civil parceiras ou associadas dos parceiros do projecto *Know-Construct*. Mas, por razões de inadequação face aos objectivos específicos do projecto, acabou por não ser posto em prática.

Ainda sobre as redes colaborativas, e complementarmente ao estudo referido no parágrafo anterior, será relevante para a investigação científica nesta área, uma análise detalhada do comportamento das várias formas de redes colaborativas. Para este estudo, pensamos que uma metodologia adequada seria baseada na análise de redes de actores sociais (trabalhos que podem

suportar inicialmente este estudo podem ser, por exemplo, Wellman (2001), Wellman e Berkowitz (1989), Wellman *et al.* (1996) ou Zack (2000)).

BIBLIOGRAFIA

- Abecker, A., Bernardi, A., Hinkelmann, K., Kühn, O., & Sintek, M. 1998b. Towards a technology for organizational memories. *IEEE Intelligent Systems & Their Applications*, 13(3): 40-48.
- Abecker, A., Bernardi, A., Maus, H., Sintek, M., & Wenzel, C. 2000. Information supply for business process: coupling workflow with document analysis and information retrieval. *Knowledge-Based Systems*, 13: 271-284.
- Abecker, A., & Decker, S. 1999. Organizational memory: knowledge aquisition, integration, and retrieval issues. *Knowledge-Based Systems*, Lecture Notes in Artificial Intelligence, 1570: 113-124.
- Abecker, A., Mentzas, G., Legal, M., Ntioudis, S., & Papavassiliou, G. 2001. *Business-process oriented delivery of knowledge through domain ontologies*. Paper presented at the DEXA Conference. 2nd International Workshop on Theory and Applications of Knowledge Management, Munich, Germany.
- Ackoff, R., Chaddad, F., & Cook, M. 2001. Integrating supply chain and network analyses: the study of netchains. *Journal on Chain and Network Science*, 1(1): 7-22.
- Afsarmanesh, H., & Camarinha-Matos, L. M. 2005. *A framework for management of virtual organization breeding environments*. Paper presented at the Paper presented at the 6th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PRO-VE'05), Valencia, Spain.
- Alani, H., & Brewster, C. 2005. *Ontology ranking based on the analysis of concept structures*. Paper presented at the 3rd International Conference on Knowledge Capture (K-Cap), Banff, Alberta, Canada.
- Alani, H., & Brewster, C. 2006. *Metrics for ranking ontologies*. Paper presented at the 15th International World Wide Web Conference (WWW2006), Edinburgh, Scotland.

BIBLIOGRAFIA

- Archer, N., & Wang, S. 2002. *Knowledge management in the network organization*. Paper presented at the 24th International Conference on Information Technology Interfaces (ITI 2002), Cavtat, Croatia.
- Argyris, C., & Schön, D. A. 1978. *Organizational learning: a theory of action perspective*. Knowledge-Addison-Wesley, Reading.
- Arpírez, J. C., Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. 2001. *WebODE: a scalable ontological engineering workbench*. Paper presented at the 1st International Conference on Knowledge Capture (KCAP'01), Victoria, Canada.
- Bacquet, J., Fatelnig, P., Villasante, J., & Zwegers, A. 2004. *An outlook of future research needs on networked organizations*. Paper presented at the Virtual Enterprises and Collaborative Networks (PROVE'04), Toulouse, France.
- Baird, L., & Henderson, J. C. 2001. *The knowledge engine: how to create fast cycles of knowledge-to-performance and performance-to-knowledge*, Berrett-Koehler Publishers.
- Bechhofer, S., van Harmelen, F., Hendler, J., Horrocks, I., McGuinness, D. L., Patel-Schneider, P. F., & Stein, L. A. 2004. *OWL Web Ontology Language Reference*. W3C Recommendation. m(17 January 2007).
- Benaroch, M. 2002. Specifying local ontologies in support of semantic interoperability of distributed inter-organizational applications. In A. Halevy, & A. Gal (Eds.), *Next Generation Information Technologies & Systems*. 90-106: Springer-Verlag.
- Benjamins, V., Fensel, D., & Perez, A. 1998. *Knowledge management through ontologies*. Paper presented at the 2nd International Conference on Practical Aspects of Knowledge Management (PAKM98), Basel, Switzerland.
- Bernaras, A., Laresgoiti, I., & Corera, J. 1996. *Building and reusing ontologies for electrical network applications*. Paper presented at the 12th European Conference on Artificial Intelligence (ECAI'96), Budapest, Hungary.
- Beynon-Davies, P. 2002. *Information systems: an introduction in organizations*: Palgrave.

- Bhatt, M., Wouters, C., Flahive, A., Rahayu, W., & Taniar, D. 2004. *Semantic completeness in sub-ontology extraction using distributed methods*. Paper presented at the International Conference on Computational Science and its Applications (ICCSA 2004), Perugia, Italy.
- Blanchard, A. 2004. Virtual behaviour settings: An application of behaviour setting theories to virtual communities. *Journal of Computer Mediated Communication*, 9(2).
- Blecker, T., & Neumann, R. 2000. Interorganizational knowledge management: some perspectives for oriented strategic management in virtual organizations. In Y. Malhotra (Ed.), *Knowledge Management and Virtual Organizations*, Chapter IV: 63-83. Hershey USA, London UK: Idea Group Publishing.
- Borghoff, U. M., & Pareschi, R. 1997. Information technology for knowledge management. *Journal of Universal Computer Science*, 3(8): 835-842.
- Borst, P., Akkermans, H., & Top, J. 1997. Engineering Ontologies. *International Journal of Human-Computer Studies*, 46: 365-406.
- Breitman, K. K., Felicissimo, C. H., & Casanova, M. A. 2005. *CATO - A Lightweight Ontology Alignment Tool*. Paper presented at the 17th Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE'05), Porto, Portugal.
- Brickley, D., & Guha, R. V. 2000. *Resource Description Framework (RDF) Schema Specification 1.0* ed.: W3C Consortium. <http://www.w3.org/TR/2000/CR-rdf-schema-20000327/>.
- Buitelaar, P., Eigner, T., & Declerck, T. 2004. *OntoSelect: A dynamic ontology library with support for ontology selection*. Paper presented at the International Semantic Web Conference, Hiroshima, Japan.
- Burnett, G., & Buerkle, H. 2004. Information exchange in virtual communities: A comparative study. *Journal of Computer Mediated Communication*, 9(2).
- Byrne, J. A. 1993. The virtual corporation, *Business Week*, 8: 98-102.

BIBLIOGRAFIA

- Camarinha-Matos, L., & Afsarmanesh, H. 2004. *The emerging discipline of collaborative networks*. Paper presented at the 5th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PROVE'04), Toulouse, France.
- Camarinha-Matos, L. M. 2003. *New collaborative organizations and their research needs*. Paper presented at 4th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PROVE'03), Lugano, Switzerland.
- Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. 2003. *A roadmap for strategic research on virtual organizations*. Paper presented at the 4th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PROVE'03), Lugano, Switzerland.
- Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. 2006. Collaborative Networks: Value creation in a knowledge society. Paper presented at the 14th International Conference on Knowledge Enterprise – New Challenges (PROLAMAT'06), Shanghai, China.
- Camarinha-Matos, L. M., & Afsarmanesh, H. 2007. A framework for virtual organization creation in a breeding environment. *Annual Reviews in Control* 31, 31: 119-135.
- Carlsson, S. A. 2003. Knowledge managing and knowledge management systems in inter-organizational networks. *Knowledge and Process Management*, 10(3): 194-206.
- Castells, M. 1996. *The rise of the network society*. Oxford: Blackwell.
- Castells, M. 2001. *The internet galaxy reflections on the internet, business, and society*. Oxford: Oxford University Press.
- CEN/CWA14946. 2004. European eConstruction Framework (EeF). *European Committee for Standardization*.
- CEN/CWA14947. 2004. European eConstruction Architecture (EeA). *European Committee for Standardization*.
- CEN/CWA15141. 2004. European eConstruction Meta-Schema (EeM). Workshop Agreement.
- CEN/CWA15142. 2004. European eConstruction Ontology (EeO). Workshop Agreement.

- Chaudhri, V., Farquhar, A., Fikes, R., Karp, P., & Rice, J. 1998. *OKBC: A programmatic foundation for knowledge base interoperability*. Paper presented at the 15th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-98), Madison, Wisconsin.
- Chaudhry, A., & Chye, Q. 2003. *Review of features of enterprise portals to support the knowledge management processes*. Paper presented at the 14th IRMA International Conference, Philadelphia PA, USA.
- Chen, L. L.-J., & Gaines, B.R. 1997. A CyberOrganism model for awareness in collaborative communities on the internet. *International Journal of Intelligent Systems (IJIS)*, 12(1): 31-56.
- Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. 1990. Absorptive capacity: a new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly* 42, 35: 128-152.
- Cohen, P., Schrag, R., Jones, E., Pease, A., Lin, A., Starr, B., Gunning, D. & Burke, M. 1998. The DARPA high-performance knowledge base project. *AI Magazine*, 19(4): 25-49.
- Collison, C., & Parcell, G. 2001. Learning to fly: practical lessons from one of the world's leading knowledge companies. *Capstone Publishing*.
- Contractor, F., & Lorange, P. 1988. Why should firms cooperate? The strategy and economics basis for cooperative ventures. *Cooperative Strategies in International Business*.
- Corcho, O., Fernández-López, M., & Gómez-Pérez, A. 2002. Methodologies, tools and languages for building ontologies. Where is their meeting point? *Data & Knowledge Engineering*, 46: 41-64.
- Cornejo, M. 2003. Utility, value and knowledge communities, *Knowledge Communities*. http://www.providersedge.com/docs/km_articles/Utility_Value_and_K-Communities.pdf.
- Davenport, T. 1993. Process innovation: reengineering work through information technology. Boston: Harvard Business School Press.

BIBLIOGRAFIA

- Davenport, T. H., & Prusak, L. 1998. *Working knowledge: how organizations manage what they know*. Boston: Harvard Business School Press.
- Davidson, E., & Lamb, R. 2000. *Examining socio-technical networks in scientific academia/industry collaborations*. Paper presented at the Americas Conference on Information Systems, Long Beach, CA.
- Decker, S., Erdmann, M., Fensel, D., & Studer, R. 1999. *OntoBroker: Ontology based access to distributed and semi-structured information*. In Database Semantics – Semantic Issues in Multimedia Systems, Paper presented at the 8th Working Conference on Database Semantics (DS-8), Retorna, New Zealand.
- Detlor, B. 2000. The corporate portal as information infrastructure: towards a framework for portal design. *International Journal of Information Management*, 20(2): 91-101.
- Ding, Y., & Fensel, D. 2001. *Ontology library systems: The key to successful ontology re-use*. Paper presented at the 1st International Semantic Web Working Symposium (SWWS'01), Stanford, USA.
- Doan, A., Madhavan, J., Domingos, P., & Halevy, A. 2002. *Learning to map between ontologies on the semantic web*. Paper presented at the 11th International Conference on World Wide Web, Honolulu, Hawaii, USA.
- Domingue, J. 1998. *Tadzebao and WebOnto: discussing, browsing, and editing ontologies on the web*. Paper presented at the 11th Workshop on Knowledge Acquisition, Modeling and Management (KAW'98), Banff, Canada.
- Duineveld, A. J., Stoter, R., Weiden, M. R., Kenepa, B., & Benjamins, V. R. 2000. Wondertools? A comparative study of ontological engineering tools. *International Journal of Human-Computer Studies*, 52(6): 1111-1133.
- Dyer, J. H., & Nobeoka, K. 2000. Creating and managing a highperformance knowledge-sharing network: the Toyota case. *Strategic Management Journal*, 21(3): 345-367.
- Ebers, M. 2002. *The formation of inter-organizational networks*. New York: Oxford University Press.

- El-Diraby, T. A., Lima, C., & Fies, B. 2005. Domain taxonomy for construction concepts: toward a formal ontology for construction knowledge. *Journal of Computing in Civil Engineering, ASCE*, 19(4): 394-406.
- Ernst, D. 1994. *Inter-firms networks and market structure: driving forces, barriers and patterns of control*. Trabalho de Pesquisa (BRIE), University of California.
- Ernst, D. 2001a. The evolution of a "Digital Economy": research issues and policy challenges. *East-West Center. Economics Study Area Working Papers* 28.
- Ernst, D. 2001b. Global production networks and industrial upgrading: a knowledge-centered approach. *East-West Center. Economics Study Area Working Papers* 25.
- Faisst, W. 1997. *Information technology as an enabler of virtual enterprises: a life-cycle-oriented description*. Paper presented at the European Conference on Virtual Enterprises and Network Solutions - New Perspectives on Management, Communication and Information Technology, Paderborn, Germany.
- Farquhar, A., Fikes, R., & Rice, J. 1996. The Ontolingua Server: A tool for collaborative ontology construction. Knowledge Systems Laboratory (KSL), Stanford University.
- Fensel, D. 2004. *Ontologies: A silver bullet for knowledge management and electronic commerce*. New York: Springer-Verlag.
- Fensel, D., & van Harmelen, F. 1999. *On-To-Knowledge: Content -driven knowledge-management tools through evolving ontologies*. Vrije Universiteit Amsterdam.
- Fernández-López, M., Gómez-Pérez, A., Pazos-Sierra, A., & Pazos-Sierra, J. 1999. Building a chemical ontology using METHONTOLOGY and the ontology design environment. *IEEE Intelligent Systems & Their Applications*, 14(1): 37-46.
- Fischer, G., & Ostwald, J. 2001. Knowledge management - problems, promises, realities, and challenges. *IEEE Intelligent Systems*, 16(1): 60-72.

BIBLIOGRAFIA

- Franke, U. 2000. The knowledge-based view (KBV) of the virtual web, the virtual corporation, and the net-broker. In Y. Malhotra (Ed.), *Knowledge Management and Virtual Organizations*, Chapter II: 20-42. Hershey USA, London UK: Idea Group Publishing.
- Friedman, D. 1988. The misunderstood miracle: industrial development and political change in Japan. Cornell University Press, Ithaca, NY.
- Gandon, F., Dieng-Kuntz, R., Corby, O., & Giboin, A. 2002. *Semantic Web and Multi-Agents Approach to Corporate Memory Management*. Paper presented at the 17th IFIP World Computer Congress IIP Track - Intelligent Information Processing, Montreal, Canada.
- Genesereth, M. R., & Fikes, R. E. 1992. Knowledge Interchange Format. Reference Manual (version 3.0), Computer Science Department, Stanford University.
- Goldman, S. L., Nagel, R. N., & Preiss, K. 1995. Agile competitors and virtual organisations: strategies for enriching the customer, *International Thomson Publishing*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Golebiowska, J., Dieng-Kuntz, R., Corby, O., & Mousseau, D. 2001. *Building and exploiting ontologies for an automobile project memory*. Paper presented at the 1st International Conference on Knowledge Capture, Victoria, British Columbia, Canada.
- Gómez-Gauchía, H., Díaz-Agudo, B., & González-Calero, P. 2004. *Two-layered approach to knowledge representation using conceptual maps and description logics*. Paper presented at the 1st International Conference on Concept Mapping, Pamplona, Spain.
- Grau, B. C., Parsia, B., Sirin, E., & Kalyanpur, A. 2005. *Modularizing OWL ontologies*. Paper presented at the 3rd International Conference on Knowledge Capture (K-CAP 2005) - Workshop on Ontology Management, Banff, Canada.
- Gruber, T. R. 1993. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5: 199-220.

- Gruber, T. R. 1995. Towards principles for the design of ontologies used for knowledge sharing. In N. Guarino, & R. Poli (Eds.), *Formal Ontology in Conceptual Analysis and Knowledge Representation*, Deventer, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Grüninger, M., & Fox, M. S. 1995. *Methodology for the design and evaluation of ontologies*. Paper presented at the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing (IJCA'95), Montreal, Canada.
- Guarino, N., Carrara, M., & Giaretta, P. 1995. Ontologies and knowledge bases: towards a terminological clarification. In N. Mars (Ed.), *Towards Very Large Knowledge Bases, Knowledge Building and Knowledge Sharing*: 25-32. Amsterdam: IOS Press.
- Gulati, R. 1995. Does familiarity breed trust? the implications of repeated ties for contractual choice in alliances. *Academy of Management Journal*, 38: 85-112.
- Gulati, R., Nohria, N., & Zaheer, A. 2000. Strategic networks. *Strategic Management Journal*, 21(3): 203-215.
- Hansen, H. L., Ingvaldsen, K., & Nordbotten, J. C. 2005. Dynamic schema integration: The ACROSS Prototype. NOKOBIT, Bergen, Norway.
- Hansen, M. T., Nohria, N., & Tierney, T. 1999. What's your strategy for managing knowledge? *Harvard Business Review*: 106-116.
- Harrison, B. 1992. Industrial districts: old wine in new bottles? *Regional Studies*, 26(5): 469-483.
- Heflin, J., & Hendler, J. 2000. *Searching the web with SHOE*. Paper presented at the AAAI Workshop. Artificial Intelligence for Web Search. AAAI Press: 35-40.
- Heflin, J., & Hendler, J. 2001. A portrait of the semantic web in action. *IEEE Intelligent Systems*, 16: 54-59.
- Heijst, G., Spek, R., & Kruizinga, E. 1997. Corporate memories as a tool for knowledge management. *Expert Systems with Applications*, 13(1): 41-54.

BIBLIOGRAFIA

- ISO/DIS12006-2. 2001. Building construction: Organization of information about construction works - Part 2: Framework for classification of information.
- ISO/DIS12006-3. 2002. Building construction: Organization of information about construction works - Part 3: Framework for object-oriented information exchange.
- Júnior, A. B. d. S. 2007. *A empresa em rede: desenvolvendo competências organizacionais*. Rio de Janeiro: Elsevier Editora Ltda.
- Jurisica, I., Mylopoulos, J., & Yu, E. 2004. Ontologies for knowledge management: an information systems perspective. *Knowledge and Information Systems*(6): 380-401.
- Kabel, S. C. 1997. *System evaluation framework*. M.S. Thesis, University of Amsterdam.
- Kale, P., Dyer, J., & Singh, H. 2001. Value creation and success in strategic alliances: alliancing skills and the role of alliance structure and systems. *European Management Journal*, 19(5): 463-471.
- Kalfoglou, Y., & Schorlemmer, M. 2005. *Ontology mapping: The state of the art*. Paper presented at the Dagstuhl Seminar on Semantic Interoperability and Integration, Dagstuhl, Germany.
- Katzy, B. 1998. Design and implementation of virtual organizations. In Working Paper Series (Ed.). University BW Munich.
- Katzy, B., & Löh, H. 2003. *Virtual enterprise research: state of the art and ways forward*. Paper presented at the 9th International Conference on Concurrent Enterprising, Espoo, Finland.
- Kim, A. J. 2000. Community-building on the web: secret strategies for successful online communities. PeachPit Press.
- Kogut, B. 1988. Joint ventures: theoretical and empirical perspectives. *Management Journal*, 9: 319-332.
- Korpilahti, T. 2004. *Architecture for distributed development of an ontology library*. M.S. Thesis, Helsinki University of Technology, Helsinki.

- Koulopoulus, T. 1997. Hooking into the knowledge chain, *White Paper at KM-World.com*.
- Kühn, O., & Abecker, A. 1997. Corporate memories for knowledge management in industrial practice: prospects and challenges. *Journal of Universal Computer Science*, 3(8): 929-954.
- Lamb, L., Sawyer, S., Kling, R., &. 2000. *A social informatics perspective on socio-technical networks*. Paper presented at the Americas Conference on Information Systems, Long Beach, CA.
- Lassila, O., & Swick, R. R. 2000. *Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification* ed.): W3C Consortium. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>.
- Léger, A. 2002. Deliverable 2.1: Successful scenarios for ontology-based applications v1.0. OntoWeb: Ontology-based information exchange for knowledge management and electronic commerce (IST-2000-29243). 31.01.2002
- Lelkin, P. L. 2004. Terminology standards and implementation. Standards Australia, Committee for Information Technology IT-014.
- Liebowitz, J. 1999. *Knowledge Management Handbook*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Lima, C., Fiès, B., & Ferreira-da-Silva, C. 2004. *Setting up the Open Semantic Infrastructure for the Construction Sector in Europe - the FUNSIEC Project*. Paper presented at the 5th European Conference on Product and Process Modelling in the Building and Construction Industry (ECPPM 2004), Istambul, Turkey.
- Lindvall, M., Rus, I., & Sinha, S. 2002. *Technology support for knowledge management*. Paper presented at the 4th International Workshop on Learning Software Organizations (LSO'02), Chicago, Illinois.
- Liu, R. J., & Brookfield, J. 2000. Stars, rings and tiers: organizational networks and their dynamics in Taiwan's machine tool industry. *Long Range Planning*, 33(3): 322-348.
- MacCartney, B., McIlraith, S., Amir, E., & Uribe, T. E. 2003. *Practical partition-based theorem proving for large knowledge bases*. Paper presented at the 18th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI '03), Acapulco, Mexico.

BIBLIOGRAFIA

- Mack, R., Ravin, Y., & Byrd, R. J. 2001. Knowledge portals and the emerging digital workplace. *IBM Systems Journal*, 40(4): 925-955.
- Maedche, A., Motik, B., Stojanovic, L., Studer, R., & Volz, R. 2002. *Managing multiple ontologies and ontology evolution in ontologging*. Paper presented at the Conference on Intelligent Information Processing, World Computer Congress, Montreal, Canada.
- Maedche, A., Motik, B., Stojanovic, L., Studer, R., & Volz, R. 2003a. Ontologies for enterprise knowledge management. *IEEE Intelligent Systems*, 18(2): 26-33.
- Maedche, A., Motik, B., Stojanovic, L., Studer, R., & Volz, R. 2003b. *An infrastructure for searching, reusing and evolving distributed ontologies*. Paper presented at the 12th International World Wide Web Conference (WWW2003), Budapest, Hungary.
- Magkanaraki, A., Tannen, V., Christophides, V., & Plexousakis, D. 2003. *Viewing the semantic web through rvl lenses*. Paper presented at the 2nd International Semantic Web Conference (ISWC), Sanibel Island, Florida.
- Magnusson, J., & Nilsson, A. 2003. To Facilitate or Intervene - A Study of knowledge management practice in SME networks. *Journal of Knowledge Management Practice*, 4.
- Majchrzak, A., Rice, R. E., King, N., Malhotra, A., & BA, S. 2000. Computer-mediated inter-organization knowledge-sharing: insights from a virtual team innovating using a collaborative tool. *Information Resources Management Journal*, 13: 44-53.
- Malucelli, A. 2006. *Ontology-based services for agents interoperability*. PhD Thesis. Faculty of Engineering of University of Porto, Porto, Portugal.
- Malucelli, A., Palzer, D., & Oliveira, E. 2005. *Combining ontologies and agents to help in solving the heterogeneous problem in e-commerce negotiations*. Paper presented at the International Workshop on Data Engineering Issues in E-Commerce (DEEC 2005), Tokyo, Japan.
- Marshall, L. 1997. Facilitating knowledge management and knowledge sharing: New opportunities for information professionals. *Online*, 21(5): 92-98.

- Miles, R. E., Snow, C. C., & Miles, G. 2000. The future.org. *Long Range Planning*, 33(3): 300-321.
- Moor, A. d., Leenheer, P. D., & Meersman, R. 2006. *DOGMA-MESS: A Meaning Evolution Support System for Interorganizational Ontology Engineering*. Paper presented at the 14th International Conference on Conceptual Structures (ICCS 2006), Aalborg, Denmark.
- Mowshowitz, A. 1986. Social dimensions of office automation. *Advances in computers*, 25:335-404.
- Mowshowitz, A. 1997. Virtual organization. *Communications of the ACM*, 40(9):30-37.
- Mowshowitz, A. 1999. *The switching principle in virtual organization*. Paper presented at the 2nd International VoNet (Virtual Organization Net) Workshop. Simowa Verlag, Bern, 1(1): 6-18.
- Mueller-Prothmann, T., & Siedentopf, C. 2003. *Designing online knowledge communities: developing a usability evaluation criteria catalogue*. Paper presented at the 3rd European Knowledge Management Summer School, San sebastian, Spain.
- Nabeth, T., Angehrn, A. A., & C., R. 2002. *Towards personalized, socially aware and active knowledge management systems*. E-business and E-work - Challenges and Achievements in E-business and E-work, B. Stanford-Smith, E. Chiozza & M. Edin (eds.), IOS Press, 2: 884-891.
- Nassimbeni, G. 1999. Network structures and co-ordination mechanisms - A taxonomy. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(6): 538 - 554.
- Nohria, N., & Eccles, R. G. 1992. Networks and organizations: structure, form and action. Boston: Harvard Business School.
- Nonaka, I., & Takeuchi, H. 1995. The knowledge creating company. Oxford: Oxford University Press.
- Noy, N. F. 2004. Semantic integration: a survey of ontology-based approaches. *SIGMOD Record*, 33(4): 65-70.

BIBLIOGRAFIA

- Noy, N. F., & Klein, M. 2004. Ontology evolution: Not the same as schema evolution. *Knowledge and Information Systems*, 6(4):428-440.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. 2001. Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. Stanford Knowledge Systems Laboratory, Technical Report KSL-01-05.
- Noy, N. F., & Musen, M. A. 2003. The PROMPT suite: interactive tools for ontology merging and mapping. *International Journal of Human-Computer Studies*, 59(6): 983-1024.
- Noy, N. F., & Musen, M. A. 2004a. Ontology versioning in an ontology management framework. *IEEE Intelligent Systems*, 19(4): 6-13.
- Noy, N. F., & Musen, M. A. 2004b. *Specifying ontology views by traversal*. Paper presented at the 3rd International Conference on the Semantic Web (ISWC-2004), Hiroshima, Japan: Springer-Verlag Berlin Heidelberg:713-725
- Noy, N. F., Rubin, D., & Musen, M. A. 2004. Making biomedical ontologies and ontology libraries work. *IEEE Intelligent Systems*, 19(6): 78-81.
- Noy, N. F., Sintek, M., Decker, S., Crubézy, M., Fergerson, R. W., & Musen, M. A. 2001. Creating semantic web contents with Protégé-2000. *IEEE Intelligent Systems*, 16: 60-61.
- Oliveira, E., Fisher, K., & Stepankova, O. 1999. Multi-Agent Systems: which research for which application. *Journal of Robotics and Autonomous Systems*, 27(1-2): 91-106.
- Österle, H., Fleisch, E., & Alt, R. 2000. *Business Networking: shaping collaboration between enterprises* (2nd Edition). New York: Springer.
- Petersen, S. A., & Divitini, M. 2002. *Using agents to support the selection of virtual enterprise teams*. Paper presented at the 4th International Bi-Conference Workshop on Agent-Oriented Information Systems (AOIS-2002) (at AAMAS 2002), Bologna, Italy.
- Petersen, S. A., & Gruninger, M. 2000. *An agent-based model to support the formation of virtual enterprise*. Paper presented at the International ICSC Symposium on Mobile Agents and Multi-agents in Virtual Organisations and E-Commerce (MAMA'2000), Woolongong, Australia.

- Petersen, S. A., Rao, J., & Tveit, A. 2002. *Virtual enterprises: challenges in selecting and integrating computational and human resources*. Paper presented at the 1st International Workshop on Challenges in Open Agent Systems (at AAMAS 2002), Bologna, Italy.
- Pinto, H. S., & Martins, J. P. 2001. *Ontology integration: How to perform the process*. Paper presented at the 1st International Conference on Knowledge Capture (K-CAP 2001), Victoria, Canada.
- Pinto, H. S., Martins, J. P., & Gómez-Pérez, A. 1999. *Some issues on ontology integration*. Paper presented at the IJCAI-99 Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods (KRR5), Stockholm, Sweden.
- Piore, M. J., & Sabel, C. F. 1984. *The second industrial divide: possibilities for prosperity*. New York: Basic Books.
- Polany, M. 1962. *Personal knowledge*. New York.
- Porter, C. E. 2004. A typology of virtual communities: a multi-disciplinary foundation for future research. *Journal of Computer-Mediated Communication (JCMC)*, 10(1).
- Powell, W. W., Koput, K., & Smith-Doer, L. 1996. Inter-organizational collaboration and the locus of innovation: networks of learning in biotechnology. *Administrative Science Quarterly*, 41: 116-145.
- Preece, J., & Maloney-Krichmar, D. 2003. Online communities. In A. J. Jacko and A. Sears (Ed.), *Handbook of Human-Computer Interaction*. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Inc. Publishers: 596-620.
- RCED. 2007a. mRCED: Metodologia para análise de redes colaborativas. Redes Colaborativas de Elevado Desempenho, Operação Norte, Inesc Porto. Julho 2007.
- RCED. 2007b. Redes organizacionais: teoria e prática. Redes Colaborativas de Elevado Desempenho, Operação Norte, Inesc Porto. Julho 2007.

BIBLIOGRAFIA

- Rector, A. L. 2002. *Normalisation of ontology implementations: Towards modularity, re-use, and maintainability*. Paper presented at the Workshop on Ontologies for Multiagent Systems (OMAS), Sigüenza, Spain.
- Rector, A. L. 2003. *Modularisation of domain ontologies implemented in description logics and related formalisms, including OWL*. Paper presented at the 16th International FLAIRS Conference, St. Augustine, Florida.
- Reynolds, D., & Shabajee, P. 2004. Swad-europe deliverable 12.1.5: Semantic portals - requirements specification. Initial Release.
- Riazanov, A., Voronkov, A. 2001. Vampire 1.1 (system description). IJCAR, LNAI 2083:376–380.
- Richter, F. J. 2000. *Strategic networks: The art of Japanese interfirm cooperation*. New York: International Business Press.
- Rocha, A. P., & Oliveira, E. 1999. An electronic market architecture for the formation of virtual enterprises. In L. CamarinhaMatos e H. Afsarmanesh (Eds.), *Infrastructures for Virtual Enterprises - Networking Industrial Enterprises*, Kluwer Academic Publishers: 421-432.
- Rocha, A. P., & Oliveira, E. 2001. Electronic institutions as a framework for agents' negotiation and mutual commitment. In P. Brazdil, & A. Jorge (Eds.), *Progress in Artificial Intelligence: Knowledge Extraction, Multi-agent Systems, Logic Programming, and Constraint Solving*, LNAI 2258, Springer: 232-245.
- Ropohl, G. 1999. Philosophy of socio-technical systems. *Phil & Tech*, 4(3): 59-71.
- Ruhi, U. 2003. *Knowledge networks and lattices: a framework for intra and inter-organizational knowledge sharing*. Paper presented at the 4th World Congress on the Management of Electronic Business, Hamilton, Canada.
- Saabeel, W., Verduijn, T. M., Hagdorn, L., & Kumar, K. 2002. A model of virtual organization: a structure and process perspective. *Electronic Journal of Organizational Virtualness*, 4(1):1-16.

- Sabel, C., & Zeitlin, J. 1985. Historical alternatives to mass production: politics, markets, and technology in 19th century industrialization. *Past & Present*, 108: 133-176.
- Saxeniam, A. L. 1994. Regional advantage: culture and competition in Silicon Valley and Route 128. Cambridge: Harvard University Press.
- Schiatarella, R. 1984. *Mercato di lavoro e struttura produttiva*. Milão: Franco Angeli.
- Seidenberg, J., & Rector, A. 2006. *Web ontology segmentation: analysis, classification and use*. Paper presented at the 15th International World Wide Web Conference (WWW 2006), Edinburgh, Scotland.
- Seig, A., Mobasher, B., Burke, R. & Lytinen, S. 2004. *Using concept hierarchies to enhance user queries in web-based information retrieval*. Paper presented at the International Conference on Artificial Intelligence and Applications (AIA 2004), Innsbruck, Austria.
- Senge, P., Ross, R., Smith, B., Roberts, C., & Kleiner, A. 1994. The fifth discipline fieldbook: strategies and tools for building a learning organization. New York: Doubleday/Currency.
- Senge, P. M., Kleiner, A., Roberts, C., Ross, R., Roth, G., & Smith, B. 1999. The dance of change: the challenges of sustaining momentum in learning organizations. New York: Doubleday/Currency.
- Seufert, S., & Seufert, A. 2000. *Towards the continuously learning organization through knowledge networking*. Paper presented at the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, Hawaii, USA.
- Shao, Y. P., Liao, S. Y., & Wang, H. Q. 1998. A model of virtual organizations. *Journal of Information Science*, 24(5): 305-312.
- Silva, F. S. C. d., & Agustí-Cullel, J. 2003. Issues on knowledge coordination. *Knowledge and Process Management*, 10(1): 37-59.
- Silva, M., Soares, A. L., & Simões, D. 2006. *Integrating semantic resources to support SME knowledge communities*. Paper presented at the 12th IFAC Symposium on Information Control

BIBLIOGRAFIA

- Problems in Manufacturing (INCOM'2006), Saint-Etienne, France. Elsevier Science (Publication Date: 18 December 2006).
- Simões, D., Ferreira, H. & Soares, A. L. 2007. *Ontology Engineering in Virtual Breeding Environments*. Paper presented at the 8th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PRO-VE'07). 10-12 September, Guimarães, Portugal.
- Simões, D. & Soares, A. L. 2006. *The socio-technical design of a SME knowledge community in the construction industry*. Paper presented at the 7th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PRO-VE'06). 23-27 September, Helsinki, Finland.
- Simões, D., & Soares, A. L. 2004. *The formation and dissolution of organizational networks: a knowledge management perspective*. Paper presented at 5th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PROVE'04). Virtual Organizations and Collaborative Networks. L. M. Camarinha-Matos (Eds.), Kluwer Academic Publishers, 1-4020-8138-3, IFIP 149. 23-26 August, Toulouse, France.
- Soares, A. L., Simões, D., Silva, M. & Madureira, R. 2006. *Developing enterprise sponsored virtual communities: the case of a SME's knowledge community support system*. Paper presented at the International Workshop on Community Informatics (COMINF'06). R. Meersman, Z. Tari, P. Herrero et al. (Eds.): OTM Workshops 2006, LNCS 4277: 269–278, Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2-3 November, Montpellier, France.
- Staab, S., Angele, J., Decker, S., Erdmann, M., Hotho, A., Maedche, A., Schnurr, H.-P., Studer, R., & Sure, Y. 2000. *Semantic community web portals*. Paper presented at the 9th International World Wide Web Conference, Amsterdam, The Netherlands.
- Staab, S., Studer, R., Schnurr, H.-P., & Sure, Y. 2001. Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent Systems* (Knowledge Management), 16(1): 26-34.
- Stair, R. M., & Reynolds, G. W. 2001. Fundamentals of information systems. Course Technology: Thomson Learning Publishers, Boston, MA.
- Stickel, M. E., Waldinger, R. J. & Chaudhri, V. K. 2000. A guide to SNARK. Technical Report, SRI International.

- Stojanovic, L., Maedche, A., Motik, B., & Stojanovic, N. 2002a. *User-driven ontology evolution management*. Paper presented at the 13th International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management (EKAW 2002), Siguenza, Spain.
- Stojanovic, L., Stojanovic, N., & Handschuh, S. 2002b. *Evolution of the metadata in the ontology-based knowledge management systems*. Paper presented at the 1st German Workshop on Experience Management, Berlin, Germany.
- Stojanovic, N., Maedche, A., Staab, S., Studer, R., & Sure, Y. 2001. *SEAL: A framework for developing SEmantic PortALs*. Paper presented at the 1st International Conference on Knowledge Capture (K-CAP 2001), Victoria, Canada.
- Strader, T. J., Lin, F., & Shaw, M. J. 1998. Information infrastructure for electronic virtual organization management. *Decision Support Systems*, 23: 75-94.
- Stuckenschmidt, H., & Klein, M. 2004. *Structure-based partitioning of large class hierarchies*. Paper presented at the 3rd International Semantic Web Conference, Hiroshima, Japan.
- Sure, Y. 2003. A tool-supported methodology for ontology-based knowledge management. In E. S. a. C. S. e. H. Stuckenschmidt (Ed.), *The Ontology and Modelling of Real Estate Transactions*: 115-126. Ashgate.
- Sure, Y., Erdmann, M., Angele, J., Staab, S., Studer, R., & Wenke, D. 2002a. *OntoEdit: Collaborative ontology development for the Semantic Web*. Paper presented at the 1st International Semantic Web Conference (ISWC 2002), Sardinia, Italia.
- Sure, Y., Staab, S., & Studer, R. 2002b. Methodology for development and employment of ontology based knowledge management applications. *ACM Press*, 31(4): 18-23.
- Swan, J., Newell, S., Scarbrough, H., & Hislop, D. 1999. Knowledge management and innovation: networks and networking. *Journal of Knowledge Management Practice*, 3(4): 262-275.
- Sygekouna, I., Strimpakou, M., Valera, F., Kaltabani, A., Bellido, L., Vazquez, E., & Anagnostou, M. 2002. *Seamless Incorporation of Agents in an E-Commerce Intermediation Platform*. Paper presented

BIBLIOGRAFIA

- at the 4th International Workshop on Mobile Agents for Telecommunication Applications: (MATA 2002), Barcelona, Spain.
- Taveter, K. 1998. SARI - a system for semantical information retrieval. *ERCIM News*, 35: 14–15.
- Tecuci, G., Boicu, M., Bowman, M. & Marcu, D. 2001. An innovative application from the DARPA Knowledge Base Programs: rapid development of a course of action critiquer. *AI Magazine*, 22(2): 43-61.
- Tetteh, E. O. 1999. *From business networks to virtual organisation: a strategic approach to business environment transformation in online small and medium-sized enterprises*. Paper presented at the 10th Australasian Conference on Information Systems (ACIS'99), Wellington, New Zealand.
- Thomson, A. M., & Perry, J. L. 2006. Collaboration Processes: inside the black box. *Public Administration Review*, Special Issue, 66: 20-32.
- Tochtermann, K., & Maurer, H. 2000. Knowledge management and environmental informatics. *Journal of Universal Computer Science*, 6(5): 517-536.
- Tracy, L. 1989. *The living organization: systems of behavior*. New York: Praeger Publishers.
- Truch, E., Ezingear, J. N., & Birchall, D. W. 2000. *Developing a relevant research agenda in knowledge management-bridging the gap between knowing and doing*. Paper presented at the 8th European Conference on Information Systems, Vienna, Austria.
- Tsarkov, D., & Horrocks, I. 2003. *DL reasoner vs first-order prover*. In Description Logic Workshop (DL 2003), CEUR, 81: 152–159.
- Tsui, E. 2003. Tracking the role and evaluation of commercial knowledge management software. In H. CW (Ed.), *Handbook on Knowledge Management 2: Knowledge Directions*: 5-27. Berlin, Germany: Springer.
- Uschold, M., & Gruninger, M. 1996. Ontologies: principles, methods and applications. *The Knowledge Engineering Review*, 11(2): 93-136.

- Uschold, M., & King, M. 1995. *Towards a methodology for building ontologies*. Paper presented at the Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing held in conjunction with IJCAI, Montreal, Canada.
- Venkatraman, N., & Henderson, J. C. 1998. Real strategies for virtual organizing, *Sloan Management Review*, 40(1):33-48.
- Vering, M., Norris, G., Barth, P., Hurley, J. R., MacKay, B., & Duray, D. J. 2001. The e-business workplace, *John Wiley Sons*. New York, NY.
- Visser, P. R. S., & Bench-Capon, T. J. M. 1998. A comparison of four ontologies for the design of legal knowledge systems. *Artificial Intelligence and Law*, 6: 27-57.
- Volz, R., Oberle, D., & Studer, R. 2003a. *Implementing Views for light-weight Web Ontologies*. Paper presented at the 7th International Database Engineering and Applications Symposium (IDEAS'03), Hong Kong.
- Volz, R., Oberle, D., & Studer, R. 2003b. *Views for light-weight web ontologies*. Paper presented at the ACM Symposium on Applied Computing: Web technologies and applications, Melbourne, Florida.
- Von Hippel, E. 1988. *The sources of innovation*. New York, NY: Oxford University Press.
- Vrandecic, D., Pinto, S., & Tempich, C. 2005. The DILIGENT knowledge processes. *Journal of Knowledge Management*, 9(5): 85-96.
- Vries, S. d., & Kommers, P. 2004. Online knowledge communities: future trends and research issues. *International Journal of Web Based Communities*, 1(1): 115-123.
- Weib, P., & Maedche, A. 2003. *Towards adaptive ontology-based virtual business networks*. Paper presented at the 4th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PRO-VE'03), Lugano, Switzerland.
- Wellman, B. 2001. Computer networks as social networks. *Science*, 293: 2031-2034.

BIBLIOGRAFIA

- Wellman, B., & Berkowitz, S. D. 1989. *Social structures: a network approach*. New York, Cambridge: University Press.
- Wellman, B., Salaff, J., Dimitrova, D., Garton, L., Gulia, M., & Haythornthwaite, C. 1996. Computer networks as social networks: virtual community, computer supported cooperative work and telework, *Annual Review of Sociology*, 22: 213-238.
- Wynstra, F., Van Weele, A., & Weggemann, M. 2001. Managing supplier involvement in product development: three critical issues. *European Management Journal*, 19(2): 157 - 167.
- Zack, M. H. 2000. *Researching organizational systems using social network analysis*. Paper presented at the 33rd Hawaii International Conference on System Sciences, Maui, Hawaii, USA.
- Zahra, S. A., & George, G. 2002. Absorptive capacity: a review, reconceptualization, and extension. *Academy of Management Review*, 27(2): 185-203.
- Zaidat, A., Vincent, L., & Boucher, X. 2003. *Towards an engineering framework for networks of firms*. Paper presented at the 4th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises (PRO-VE'03), Lugano, Switzerland.
- Zuboff, S. 1988. *In the age of the Smart Machine: the future of work and power*. Heinemann, London.

APÉNDICES

MÉTRICAS PARA ORDENAÇÃO DE ONTOLOGIAS

De forma a testar numa fase inicial a aplicação para ordenação de ontologias de acordo com as métricas definidas na secção 5.4.1 do capítulo 5, foram desenvolvidas três pequenas ontologias em OWL (Simões e Soares, 2007). Duas dessas ontologias identificadas como, “community.owl” (O1) e “knowledge_community.owl” (O2), respectivamente, partilham uma percentagem de conceitos (*labels*) comuns, mas com uma estrutura hierárquica e um conjunto de propriedades (*object properties*) relativamente diferente. A ontologia “knowledge_community.owl” importa a terceira ontologia desenvolvida e designada como “virtual_network.owl”. Em ambas as ontologias foram adicionadas várias instâncias (*individuals*). Todas as ontologias foram criadas em OWL usando o editor Protégé. No desenvolvimento destas ontologias, a cada classe foi dada uma designação genérica usando uma denominação numérica (C1, C2, etc). Posteriormente a cada uma das classes foi associada uma etiqueta (*rdfs:label*) (ver Figura A.1, Figura A.2 e Figura A.3). O objectivo do uso de etiquetas (*labels*) foi permitir a experimentação com a mesma estrutura hierárquica mas com diferentes conjuntos de etiquetas (*labels*).

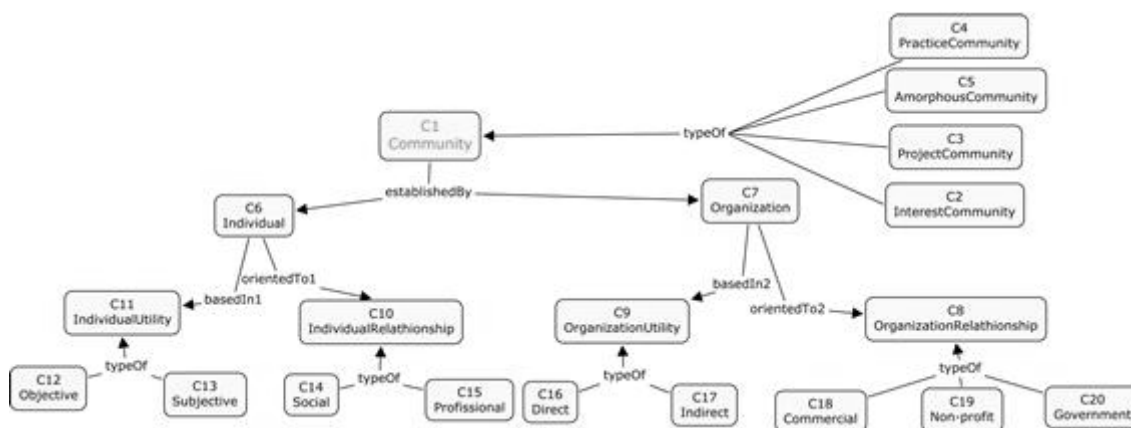


Figura A.1 - Mapa de conceitos da ontologia “community.owl”.

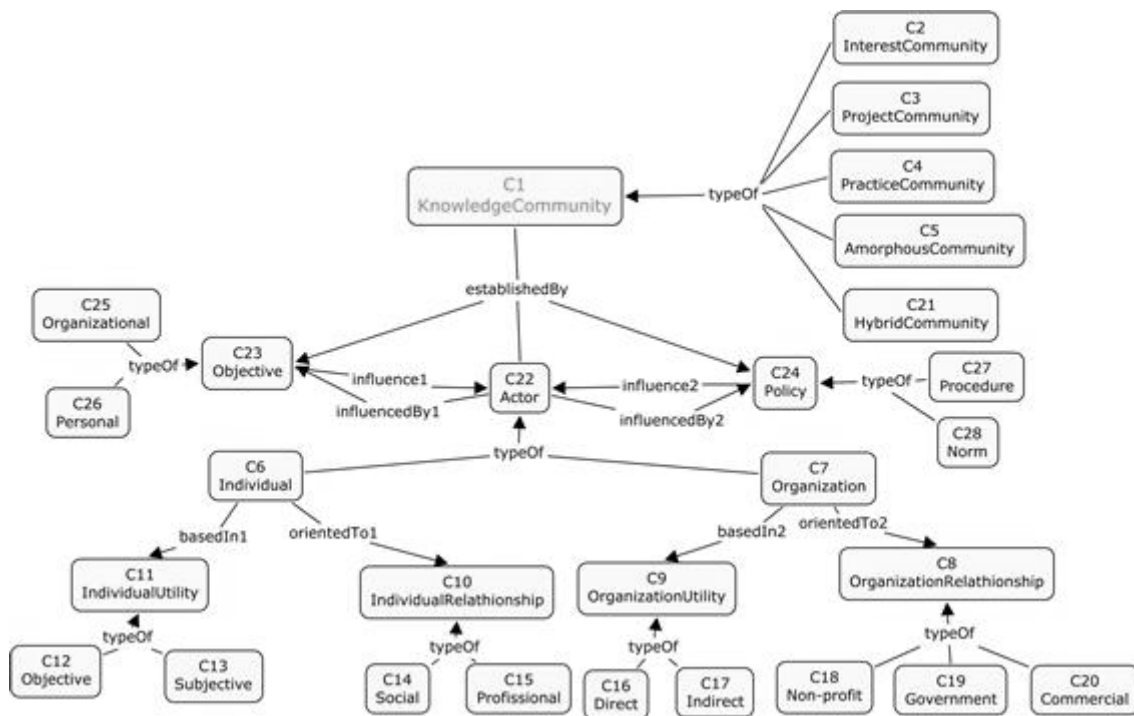


Figura A.2 - Mapa de conceitos da ontologia “knowledge_community.owl”.

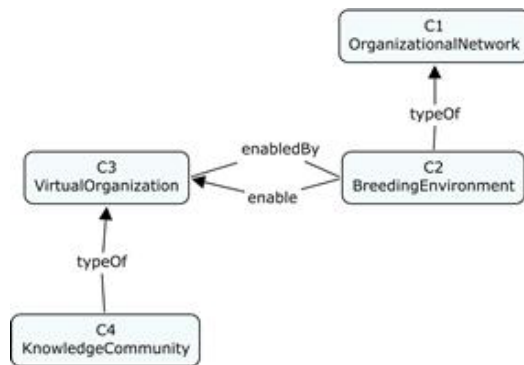


Figura A.3 - Mapa de conceitos da ontologia “virtual_network.owl”.

A Tabela A.1 mostra os resultados obtidos através da aplicação das métricas descritas na secção 5.4.1 do capítulo 5, para conjuntos de termos de pesquisa (T) diferentes. Os resultados de Avaliação Parcial (AP) foram obtidos considerando os seguintes pesos: $w_{MCB} = w_{MCP} = 0.3$ e $w_{MRP} = w_{MPR} = 0.2$ de modo que $w_{MCB} + w_{MCP} + w_{MRP} + w_{MPR} = 1$. Como já referido nos capítulos 5 e 6, consideramos que as métricas MCB (Cobertura) e MCP (Compleitude) devem ser mais relevantes para a selecção (e ordenação) das ontologias, relativamente às métricas MRP (Representatividade) e MPR (Proximidade). Isto justifica a escolha de atribuir pesos ligeiramente superiores às duas primeiras métricas no cálculo da Avaliação Parcial (AP).

Ainda, no caso da métrica MCB, considerou-se peso superior para o parâmetro relativo ao número de classes exactamente iguais aos termos pesquisados face ao parâmetro relativo ao número de classes parcialmente iguais (respectivamente, 0.6 e 0.4). Relativamente à métrica MCP, considerou-se para os quatro parâmetros (super-classes, sub-classes, relações e classes parentes) peso equitativo (0.25).

source	MCB	MCP	MRP	MPR	MRL	MUT	AP
T={community}							
./metrics2/community.owl	2,20	1,25000	0,00000	0,40000	0,00	0,80000	0,35357
./metrics2/knowledge_community.owl	2,80	2,42857	1,42857	0,90476	0,50	0,34286	0,69116
T={community,INDIVIDUAL}							
./metrics2/community.owl	3,60	0,96875	0,62500	0,57143	0,00	0,85000	0,37513
./metrics2/knowledge_community.owl	4,20	1,95000	1,46667	0,64815	0,50	0,52000	0,52848
T={community,INDIVIDUAL,orGaniZation}							
./metrics2/community.owl	5,00	0,86364	0,90909	0,50909	0,00	0,87273	0,30107
./metrics2/knowledge_community.owl	6,80	1,50000	3,09688	0,51264	0,50	0,61250	0,49582
T={community,INDIVIDUAL,orGaniZation, social}							
./metrics2/community.owl	5,60	0,83333	1,15278	0,47222	0,00	0,85000	0,30905
./metrics2/knowledge_community.owl	7,40	1,44118	3,29202	0,48206	0,50	0,61176	0,48544

Tabela A.1 - Resultados da aplicação das métricas às ontologias “community.owl” e “knowledge_community.owl”.

Os resultados apresentados na Tabela A.1 mostram que para todos os conjuntos de termos pesquisados (T), a ontologia “knowledge_community.owl” (O2) é sempre classificada em primeiro lugar. Em outras palavras, a ontologia O2 é considerada ser de maior relevância do que O1 (community.owl) para as pesquisas consideradas. Os resultados estão de acordo com o esperado, dado que como se pode observar, a ontologia O2 é mais densa e completa que O1. A ontologia O2 tem também uma maior frequência do uso do termo “community”. Dado que todas as pesquisas incluem este termo, é natural que O2 seja ordenada numa posição acima de O1. Notar ainda que mesmo quando o conjunto de termos pesquisados inclui outros termos igualmente relevantes (“individual”, “organization” and “social”), o valor de AP não muda significativamente.

No caso da métrica MRL (Relacionamento), a ambos os parâmetros foi dado um peso igual de 0.5. Com respeito à métrica MUT (Utilização) foi dada maior importância às instâncias pertencentes a classes identificadas com tendo correspondência exacta com os termos pesquisados do que àquelas com correspondência parcial. Os valores atribuídos, respectivamente, aos parâmetros relativos às correspondências exactas e parciais, foram 0.6 e 0.4. É também importante reiterar que estas métricas (MRL e MUT) servem apenas como forma complementar à ordenação das ontologias obtida da aplicação das métricas MCB, MCP, MRP e MPR, cujo resultado é traduzido no valor de Avaliação Parcial (AP).

A métrica MUT será útil, por exemplo, no caso dos valores de AP obtidos entre duas ou mais ontologias serem iguais ou muito próximos. Em tais casos, podemos optar pela ontologia que demonstrar um maior grau de utilização (maior valor de MUT). A Métrica MRL, por outro lado, ajudará na selecção, desenvolvimento e mesmo adaptação dos segmentos de ontologias. Durante o processo de desenvolvimento, valores mais elevados de MRL são indicativos de que as ontologias em causa, sendo baseadas num maior número de ontologias reutilizáveis (e argumentavelmente mais estáveis), são portanto melhores candidatas a serem reutilizadas.

ESPECIFICAÇÃO DA CIK ONTOLOGY

A gestão do conhecimento envolve intrinsecamente a comunicação e partilha de informação, a qual pode ser fortemente afectada pelo contexto no qual é vista e interpretada. Esta situação piora quando são considerados domínios complexos, como é o caso dos domínios da indústria da construção. O desenvolvimento de ontologias para unificar os diferentes conceitos e termos torna-se necessário. Conforme já referido no capítulo 6, no âmbito do projecto *Know-Construct* foi decidido, como abordagem à tarefa de desenvolvimento de uma ontologia global, reutilizar sempre que possível, ontologias, sistemas de classificação e outros recursos semânticos existentes, por forma a desenvolver um sistema que pudesse contribuir para a normalização e integração, gestão e reutilização de uma área específica de conhecimento através uma base de conhecimento comum.

O ponto de partida para a identificação das fontes de conhecimento foi o Anexo Técnico da proposta do projecto *Know-Construct*. Além deste, todas as fontes descritas abaixo foram acedidas e analisadas, no que diz respeito ao seu estado de desenvolvimento, usabilidade e interesse para as áreas de análise pré-definidas e a sua adequação ao sistema *Know-Construct*. A dificuldade desta tarefa é percebida, visto as diferentes fontes serem usualmente desenhadas usando diferentes bases teóricas e princípios de desenho. A diversidade confrontou-nos com o problema de como adaptar os recursos seleccionados aos propósitos do consórcio *Know-Construct*, tendo também em consideração o contexto cultural e profissional específico do desenvolvimento e utilização da ontologia.

Assim, depois de um cuidado processo de selecção, análise e avaliação da grande quantidade de recursos disponíveis, foi tomada decisão sobre as fontes a serem usadas na construção da ontologia global, designada de CIK *Ontology*. Ainda, depois da análise das fontes escolhidas, dos comentários dos utilizadores finais, da análise de requisitos dos utilizadores e de uma revisão dos conceitos mais frequentemente identificados, concluiu-se que os domínios centrais de

representação da CIK *Ontology* seriam “Processos”, “Recursos” e “Resultados”, a par com “Tópicos Técnicos”. Mais tarde, acrescentou-se ainda o domínio “Organização”. Estes domínios foram também escolhidos devido ao seu potencial para integrar outros recursos semânticos disponíveis.

Outra decisão tomada em resultado da percepção de uma realidade muito concreta das Associações Industriais e PME de cada país, consistiu em construir além da CIK *Ontology*, ontologias locais que pudessem responder a necessidades culturais e profissionais particulares dos parceiros do projecto. Portanto, a solução proposita foi desenvolver um sistema de gestão do conhecimento para as comunidades de conhecimento da Indústria da construção sobre ontologias distribuídas, geridas localmente mas integradas centralmente. No entanto, esta decisão confrontou-nos com a questão de como assegurar a actualização e manutenção contínua de ambos os tipos de ontologias (global e locais).

O objectivo deste anexo é pois apresentar mais detalhadamente os resultados da análise das fontes de conhecimento disponíveis e a metodologia adoptada para avaliação das mesmas, de forma a contribuir para o desenvolvimento da CIK *Ontology*. São também apresentados extractos em OWL. Viz da CIK *Ontology*.

B.1 Identificação das Fontes de Conhecimento

A primeira etapa consistiu na identificação e selecção de recursos de conhecimento e semânticos bem estabelecidos de múltiplas fontes internacionais, de forma a desenvolver a ontologia global de alto-nível CIK *Ontology*. Em paralelo, outras fontes adicionais locais/nacionais foram identificadas, de forma a proporcionar conhecimento para o desenvolvimento de ontologias mais específicas, adaptadas aos mercados e comunidades locais.

As fontes identificadas nas áreas de interesse do projecto são de diferentes tipologias, nomeadamente, ontologias, terminologias, taxonomias¹, dicionários, thesaurus, classificações nacionais e internacionais, glossários de diferentes domínios específicos, normas e regulamentos nacionais e internacionais, publicações e documentação das associações industriais, documentação e bases de dados internas das PME, portais web e outra documentação científica e técnica relevante.

Conforme já referido, o ponto de partida para a identificação das fontes de conhecimento foi o Anexo Técnico da proposta do projecto *Know-Construct*. Todas as fontes descritas abaixo foram acedidas e analisadas, no que diz respeito ao seu estado de desenvolvimento, usabilidade e interesse para as áreas de análise pré-definidas. Outras fontes, nacionais e internacionais, foram analisadas

¹ Sobre a distinção dos conceitos “ontologia”, “classificação”, e “taxonomia” ver <http://www.m-w.com>.

como resultado da contribuição directa de especialistas da Indústria da construção, a análise de documentos públicos de outros projectos europeus nesta área, a referência cruzada presente em vários sítios web de projectos e a análise dos CEN *Workshop Agreements* para a área da construção.

A par com sítios web da Indústria da construção, não identificados aqui, as normas, ontologias, terminologias e classificações mais relevantes foram:

ISO 12006-2 (ISO/DIS12006-2, 2001) - O propósito desta norma é definir um modelo para os sistemas de classificação (ver Figura B.1). O objectivo principal é suportar o uso e a troca de informação em áreas como desenho assistido por computador, especificação da provisão e estimação de custos.

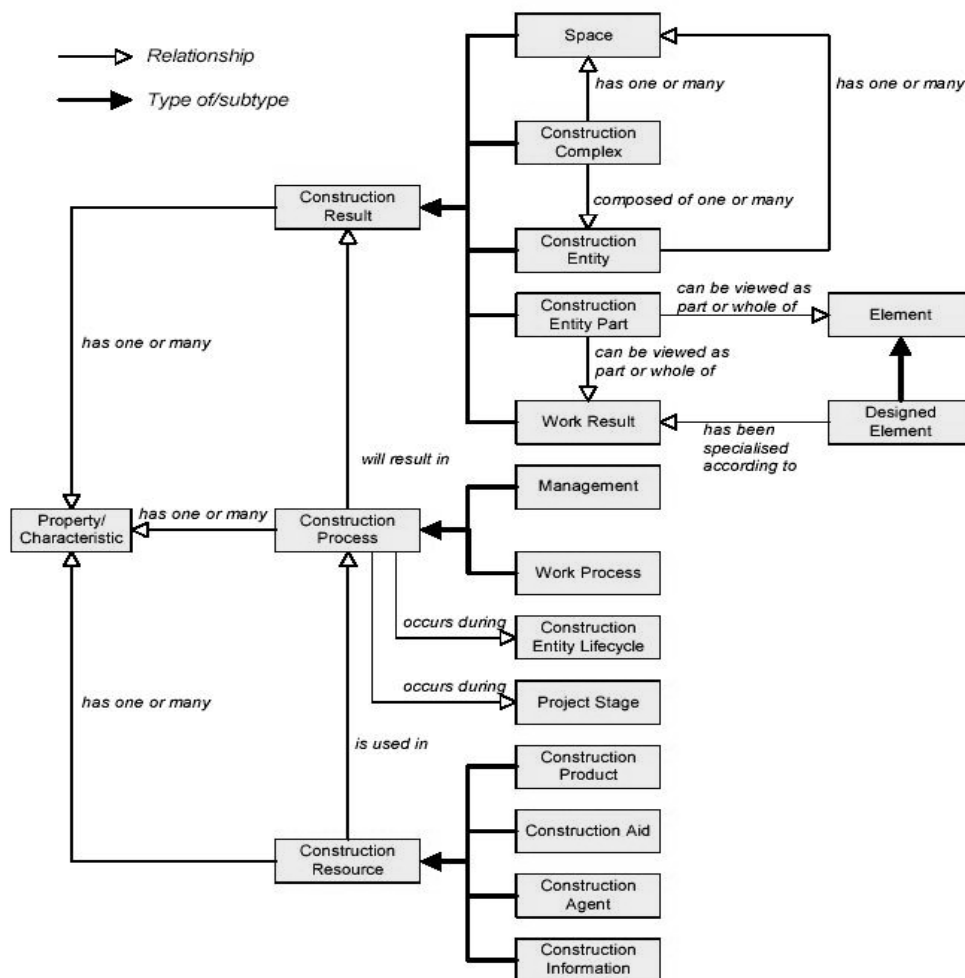


Figura B.1 - Vista simplificada do meta-esquema ISO 12006-2.

ISO 12006-3 (ISO/DIS12006-3, 2002) - O objectivo principal desta norma consiste na especificação de um modelo taxonómico, que possibilite a capacidade de definir conceitos

através de propriedades, grupo de conceitos, e relacionamentos entre eles. Objectos, colecções e relacionamentos são as entidades básicas do modelo. A função que um objecto pode desempenhar pode ser desenhada através do modelo e isso proporciona a capacidade de definir o contexto no qual um objecto é usado.

e-Cognos Project¹ - Projecto que teve como principal resultado o desenvolvimento de uma ontologia para o domínio da Indústria da construção. A ontologia está disponível com 15000 conceitos cobrindo diferentes domínios e em conformidade com o modelo IFC (*Industry Foundation Classes*) e com o formato recomendado pela W3C. É uma ontologia modular. Compreende duas taxonomias (conceitos e relações), sendo estes conceitos e relações baseados em entidades IFC, os quais formam taxonomias de alto-nível.

e-Construct Project² - Projecto que teve como principal resultado a linguagem bcXML (*building and construction XML*), usando como base ISO 12006-3 e ICIS LexiCon. A taxonomia *bcBuildingDefinitions* contém aproximadamente 3000 conceitos representando produtos da construção. Esta taxonomia foi desenvolvida no âmbito do projecto por forma a demonstrar o potencial da linguagem bcXML, uma linguagem baseada em XML para representação de produtos/serviços no sector da construção.

EPIC (*European Product Information Co-Operation*) - Sistema de definição de um conjunto comum de grupos de produtos da construção, por forma a facilitar a transferência de dados entre bases de dados distribuídas e a harmonizar os padrões de pesquisa.

UNICLASS (*Unified Classification for the Construction Industry*) - É visto como um novo esquema de classificação para a indústria da construção. Destina-se à organização de materiais de bibliotecas e à estruturação de literatura de produtos e informação de projectos. Incorpora o CAWS (*Common Arrangement of Work Sections*) para trabalhos da construção e a EPIC (*Electronic Product Information Co-operation*).

BATIBASE - A principal classificação operacional usada a nível nacional em França, usada como referência para os produtos da construção.

EDIBATEC - Padrão de classificação para as indústrias da construção. É de especial relevância para as indústrias relacionadas com sistemas de aquecimento, ar condicionado, etc.

¹ <http://www.e-cognos.org/>.

² <http://www.bcxml.org/>.

MASTERFORMAT (*Construction Specification Institute*) - Lista modelo de números e títulos para organização de informação acerca de requisitos da construção, produtos, e actividades numa sequência padrão.

IFC Model (*Industry Foundation Classes*) - Desenvolvido usando um conjunto de princípios de governação da organização e da sua estrutura. Esses princípios focam-se em requisitos como proporcionar, por exemplo, um quadro conceptual para partilha de informação entre diferentes disciplinas da construção. Na área do desenho, engenharia, construção e manutenção, este modelo representa uma taxonomia global de conceitos usados pelas ferramentas de informação e comunicação actuais. O principal objectivo deste modelo é a interoperabilidade de aplicações de software no sector da construção. As classes IFC são portanto definidas de acordo com o âmbito e nível de abstracção dos sistemas de software relacionados com o sector da construção. As entidades do modelo são agrupadas em camadas.

ICIS LexiCon (*International Construction Information Society*) - Usa três tipos de dados: léxico, produto e negócio. É um vocabulário de termos de interesse para a indústria da construção. Correntemente está disponível nas linguas alemã, inglesa, francesa, grega e norueguesa. Pode ser visto como um sistema semântico, definindo o contexto para os dados explicitamente e definindo contextos dentro de contextos mais alargados.

Outras fontes de interesse são as terminologias (normalizadas ou *de-facto*). Para referenciar algumas, temos: EN 12519 *Windows and doors*, UNE EN 12216 *Blinds, inner & outer lattices*, WI 33058 *Iron fittings for buildings*, UNE EN 12433-1 *Doors: industrial, commercial, garage and large doors - Part 1: Types of doors*, UNE EN 12433-2 *Doors: industrial, commercial, garage and large doors – Part 2: Door components*, PrEN 13119 *Light Fronts*, WI 129058 *Glass for building*.

Ainda outras normas conhecidas no âmbito da indústria da construção e que foram consideradas para o desenvolvimento da *CIK Ontology*, são: ISO 1087-1990 - *Terminology & Vocabulary*, ISO 10303-221 - *Functional Data and Schematics for Process Plants*, ISO 10303-227 - *Plant Spatial Configuration*, ISO 13584 - *Parts Library Structure*, ISO 15926 - *Process Plant Data Warehouse*, ISO 15926-2 - *EPISTLE Core Model (ECM)*, ISO 15926-4 - *EPISTLE Reference Data Library (ERDL)*, ISO 6240 - *Performance standards in building: contents and preparation*, ISO 6241 - *Performance standards in building: principles for their preparation and factors to be considered*, ISO 8402 - *Quality management and quality assurance: vocabulary* (1994), ISO 10006 - *Quality Management: guidelines to quality in project management* (1997), ISO TR 10127 - *Computer-Aided Design (CAD) Technique: use of computers for the preparation of construction drawings*, ISO 10209-1 - *Construction documentation terminology: terms relating to*

technical drawing (1992), ISO 10209-2 - *Construction documentation terminology: terms relating (to) projection methods* (1993), ISO CD 10209-3 - *Construction documentation terminology: terms relating to construction documentation*, ISO DIS 10209-4 - *Construction documentation terminology: terms relating to construction documentation*, ISO WD 10303 - *Product data representation and exchange*, ISO TR 10623 - *Technical product documentation: requirements for computer-aided design and draughting (vocabulary)* e ISO CD 13567 - *Construction documentation*.

Outras fontes úteis no desenvolvimento da CIK *Ontology* são recursos semânticos específicos nacionais. Uma lista desses recursos, parcialmente baseada na disseminação de recursos do projecto FUNSIEC¹, é:

Uniclass (Reino Unido) - Sistema de classificação da informação da construção (CICS - *Construction Information Classification System*) que cobre informação resultante de todas as fases de um projecto da construção. Foca-se em trabalhos de engenharia civil e de arquitectura.

BS6100 (Reino Unido) - Norma produzida pela *British Standard Institution* (BSI), proporciona um glossário de terminologia usado no sector da construção. Cobre termos genéricos da construção visando alargar a sua utilização através da indústria.

Standard Dictionary for Construction (SDC) (França) - Tenta unificar o vocabulário usado ao longo da cadeia de fornecimento dentro do sector, e assim, tornar-se um dicionário de referência e uma fonte permanente de descrição das características técnicas dos produtos da construção. Visa ser usado como referencial dentro do sector, de forma que bases de dados, sistemas de classificação, catálogos, e recursos similares sejam baseados nele.

BARBi (Noruega) - Projecto iniciado pela indústria da construção norueguesa para estabelecer uma biblioteca de dados referência, com uma colecção completa de todos os conceitos e objectos da construção com propriedades e relacionamentos associados.

No que diz respeito à classificação e codificação de produtos da área da construção, a APCMC (Associação Portuguesa dos Comerciantes de Materiais de Construção) juntamente com institutos de I&D, tais como o INESC Porto e o IC (Instituto da Construção), desenvolveram uma proposta baseado nas normas EPIC, Uniclass e ISO 12006-2, tendo adoptado uma faceta baseado na estrutura de classificação associado com uma notação alfanumérica - **CIC-Net**. Foram consideradas as facetas: função, forma e material constituinte, tendo sido produzidas tabelas para cada faceta. A combinação de um registo com cada uma das três facetas determina um produto genérico. Cada produto genérico tem propriedades, as quais são herdadas por um produto

¹ <http://www.funsiec.org>.

específico. Com o objectivo de promover uma classificação única para os produtos da construção ao longo do seu ciclo de vida, foram definidos critérios para a atribuição de códigos. Também para a classificação e codificação das actividades da construção, foi desenvolvido trabalho pelas mesmas entidades mencionadas no parágrafo anterior, em coordenação com o Governo Português e o LNEC (Laboratório Nacional de Engenharia Civil).

A identificação das fontes referidas conduziu à conclusão que parte da informação existente tem alguns princípios e estruturas comuns, principalmente por resultarem de projectos governamentais ou europeus, os quais visaram contribuir para a harmonização e normalização do sector. Mas, a sua diversidade, não obstante, colocou-nos o problema de como adaptar estes recursos aos propósitos do consórcio *Know-Construct*, tendo também em consideração:

- O contexto cultural e profissional específico do desenvolvimento e uso das ontologias (CIK *Ontology* e ontologias locais);
- A audiência alvo;
- Os cenários previamente definidos;
- Os objectivos do projecto.

B.2 Avaliação das Fontes de Conhecimento

De forma a seleccionar as fontes de conhecimento relevantes para o desenvolvimento da CIK *Ontology*, foi estabelecido um conjunto complexo de multi-critérios referentes aos diferentes aspectos. Foi posteriormente elaborado um quadro conceptual de análise, de forma a avaliar as fontes de conhecimento analisadas, no que diz respeito à sua adequabilidade para o sistema.

A Tabela B.1, inspirada nos trabalhos de Pinto e Martins (2001) e Lelkin (2004) descreve os critérios e o seu âmbito.

Tipo de Fonte	Critério geral	Descrição
Todas	Origem	Desenvolvedor(es)
	Relevância	Para áreas pré-definidas de análise
	Adequabilidade	Do ponto de vista dos especialistas de domínio
		Do ponto de vista do ontologista
	Completude	Cobertura profunda detalhada
	Compreensão	Domínios endereçados

	Facilidade de aquisição dos dados	Possibilidade de acesso e reutilização (união/integração)
	Língua	Linguagens em que está disponível Características multilíngua
	Estado actual	Acabado, trabalho em progresso ou em revisão
Critério específico		
Ontologias	Modelo conceptual	Suposições e compromissos ontológicos e a sua relação com os objectivos do <i>Know-Construct</i>
	Tipo de conceitos	Identificação dos conceitos genéricos e dos relacionamentos
	Princípios de desenho	Estrutura interna
	Aquisição do conhecimento	Qualidade das fontes de conhecimento Adequação das práticas de aquisição do conhecimento
	Aplicações suportadas	Aplicações de suporte à linguagem de codificação da ontologia
	Documentação disponível	Tipo de documentação disponível e acessibilidade
	Consistência	Consistência da aplicação das relações
	Modularidade	Que conceitos são representados e em que módulos
Terminologias	Propósito e âmbito	Termos operacionais
	Tipo	Implementada como norma Outro tipo
	Granularidade	Nível de complexidade dos dados disponíveis
	Qualidade das definições	Segue padrões unificados, é simples, clara, concisa, etc
	Interconectividade	Para que extensão é a terminologia mapeável para sistemas de codificação ou terminologias
	Precisão	Recuperação efectiva
	Normalização	Do conteúdo e das semânticas
	Responsabilidade	Frequência de actualização

Classificações	Propósito	Propósitos de classificação e a sua relação com os objectivos do <i>Know-Construct</i>
	Quadro conceptual	Suposições de classificação e a sua relação com os objectivos do <i>Know-Construct</i>
	Âmbito	Domínio(s)
	Tipo de conceitos	Grau de abstracção/especificidade
	Utilização anterior	Usada em projectos de ontologias e análise de resultados

Tabela B.1 - Critérios para avaliação das fontes de conhecimento no projecto *Know-Construct* (Silva *et al.*, 2006).

Outras fontes relevantes, tais como publicações ou documentação das Associações Industriais, documentos e bases de dados internas das PME, portais web existentes com informação relativa à área da construção e outra documentação técnica e científica relevante, tiveram uma abordagem mais contextualizada.

Depois do processo de identificação, classificação e avaliação, e tendo em conta a visão geral expressa em CEN/CWA15142 (2004) de fontes disponíveis que, até ao momento, têm apresentado ser as melhores soluções para o propósito de reutilização e integração de informação, as fontes de conhecimento escolhidas para integrar o desenvolvimento da *CIK Ontology*, foram: o vocabulário **LexiCon**, a taxonomia **bcBuildingDefinitions** do projecto **e-Construct**, a ontologia do projecto **e-Cognos**, o modelo **IFC**, as normas **ISO 12006-2** e **ISO 12006-3**.

A estrutura de gestão do conhecimento no âmbito do projecto *Know-Construct* foi, assim, definida de acordo com os resultados da análise de pré-requisitos, a definição da visão do sistema (*Customer Needs Management* e *Knowledge Community Support*), e a análise e avaliação das fontes de conhecimento disponíveis, tendo em consideração os objectivos dos parceiros do projecto, os objectivos do projecto e o seu contexto cultural e profissional de utilização.

B.3 Estrutura da *CIK Ontology*

A necessidade de construir, não uma, mas mais do que uma ontologia surgiu da percepção que para fazer face à realidade muito concreta das Associações Industriais e das PME de cada país, o sistema deveria ter uma ou mais ontologias locais que pudessem responder a necessidades culturais e profissionais particulares dos parceiros. O desenvolvimento desta ontologia mais específica seria baseado na ontologia de alto-nível *CIK Ontology*, onde todos os conceitos centrais da área da indústria da construção foram estruturados.

Esta percepção foi reforçada pela análise do documento CEN/CWA15142 (2004), onde é claramente estabelecido que a visão do projecto e-COGNOS sobre o desenvolvimento de uma ontologia grande foi confrontado com uma realidade inesperada. Os utilizadores finais mostraram ter preferência por usar taxonomias muito específicas, concisas e precisas. Este facto tem mudado o conceito da ontologia e-COGNOS: a ontologia grande existe, mas neste momento é completamente personalizável de forma a que uma pequena taxonomia com 100 conceitos possa substituí-la.

O projecto *Know-Construct* decidiu então ter este facto em consideração e olhar para esta possibilidade como parte de uma forma padronizada de desenvolver ontologias no sector, mas mantendo de qualquer modo o conteúdo da ontologia global (estrutura, atributos, relações, etc) a partir da qual deriva ontologias mais específicas.

Portanto, a solução proposta foi desenvolver um sistema de gestão do conhecimento inter-organizacional para comunidades virtuais de conhecimento para a indústria da construção (Comunidade CIK), o qual seria construído sobre ontologias distribuídas localmente mas integradas centralmente. A ontologia central (CIK *Ontology*) reflecte normas e esquemas de classificação relacionados, e as ontologias locais reflectem esquemas conceptuais das PME, isto é, estão fortemente relacionadas com as necessidades dos parceiros do consórcio (ver Figura 6.10)

O trabalho desenvolvido no âmbito do projecto *Know-Construct* com vista à CIK *Ontology* também usou outros métodos clássicos para gestão do conhecimento, especialmente para aquisição do conhecimento na fase de desenvolvimento do sistema (isto é, recolha do conhecimento necessário para definir o sistema), os quais incluíram a recolha do conhecimento de especialistas (por exemplo, através de entrevistas e análise de requisitos dos utilizadores).

A descrição seguinte diz apenas respeito à CIK *Ontology* que define o domínio da indústria da construção e a qual pode ser sumariada na seguinte frase:

A **Indústria da Construção** em determinado contexto organizacional (***Organization***) envolve um conjunto de recursos (***Construction Resource***) que seguem certas condições (***Technical Topic***), as quais são usadas ou requeridas num determinado processo (***Construction Process***) que conduz a resultados (***Construction Result***).

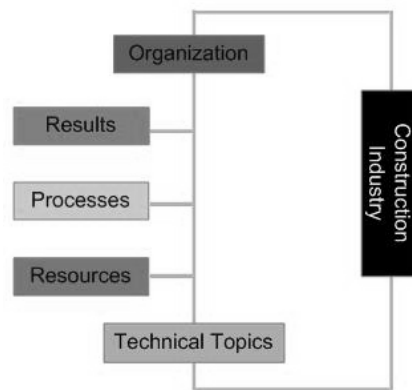


Figura B.2 - Principais domínios da CIK *Ontology*.

Assim, a taxonomia proposta inclui 5 domínios principais para classificar os seus principais conceitos (ver Figura B.2):

- cik_res: ConstructionResource
- cik_proc: ConstructionProcess
- cik_result: ConstructionResult
- cik_topic: TechnicalTopic
- cik_org: Organization

Os três domínios: *Construction Resource*, *ConstructionProcess* e *ConstructionResult* coincidem com os três principais temas da norma ISO/DIS12006-2 (2001). O domínio *TechnicalTopic* é resultado da integração de um módulo da ontologia e-COGNOS, mais desenvolvido de forma a integrar aspectos relacionados com a indústria da construção que não foram cobertos pela ontologia e-COGNOS e pelo modelo IFC. O conceito *Organization* é resultado da uniformização de conceitos das várias fontes de conhecimento consideradas. As secções seguintes descrevem os principais elementos destes 5 domínios.

B.3.1 Construction Result

O conceito “ConstructionResult” é compreendido como um objecto da Indústria da Construção que é formado ou alterado como resultado de um ou mais recursos da construção. Este domínio inclui quatro sub-domínios principais: “ConstructionComplex”, “ConstructionEntity”, “ConstructionEntityPart” e “Space” (ver Figura B.3).

De salientar que a classe “ConstructionProduct” é sub-classe das classes “ConstructionEntityPart” e “ConstructionResource” (ver Figura B.5). Esta última é um dos domínios principais que constituem a CIK *Ontology*.

B.3.2 Construction Process

Este domínio “ConstructioProcess” inclui três sub-domínios principais: “Management”, “WorkProcess” e “ProjectStage” (ver Figura B.4). Em contraste à riqueza do sistema de classificação dedicados aos produtos da construção, não existe uma forma consistente de descrever os processos da construção, compreendidos aqui como processos que transformam recursos em resultados da construção. Foi portanto dispendido tempo considerável na exploração da melhor forma de descrever os processos de gestão e construção.

B.3.3 Construction Resource

O conceito de “ConstructionResource” é um objecto da construção usado no processo da construção para atingir um determinado resultado. Este domínio inclui os seguintes sub-domínios principais (quatro): “ConstructionAgent”, “ConstructionAid”, “ConstructionInformation” e “Construction Product” (ver Figura B.5).

B.3.4 Technical Topics

Este domínio inclui conceitos relacionados com questões como normas de qualidade, especificação do desenho, produtividade, custos e legislação. Este domínio segue a abordagem e-Cognos, onde estes tópicos apresentam um domínio mais ligeiro das operações da construção e apresentam um tipo de condições limite para a maioria do trabalho na construção. Os conceitos deste domínio correspondem às necessidades e propósitos da CIK *Ontology* e estão relacionados com uma multitude de outros conceitos nos outros domínios (ver Figura B.6).

O conceito “TechnicalTopic” tem 6 sub-domínios principais: “ConstructabilityTopic”, “DesignSpecificationTopic”, “SustainabilityTopic”, “CostTopic”, “ProductivityTopic”, “LegislationTopic”, “SafetyTopic” e “TotalQualityManagementTopic”.

B.3.5 Organization

O conceito “Organization” tem dois sub-domínios principais: “Role” e “OrganizationalStructure” (ver Figura B.7). A classe “Role” especifica as funções possíveis dentro do domínio da Indústria da Construção. A classe “OrganizationalStructure” especifica os vários tipos, âmbitos e formas possíveis da estrutura organizacional no mesmo domínio.

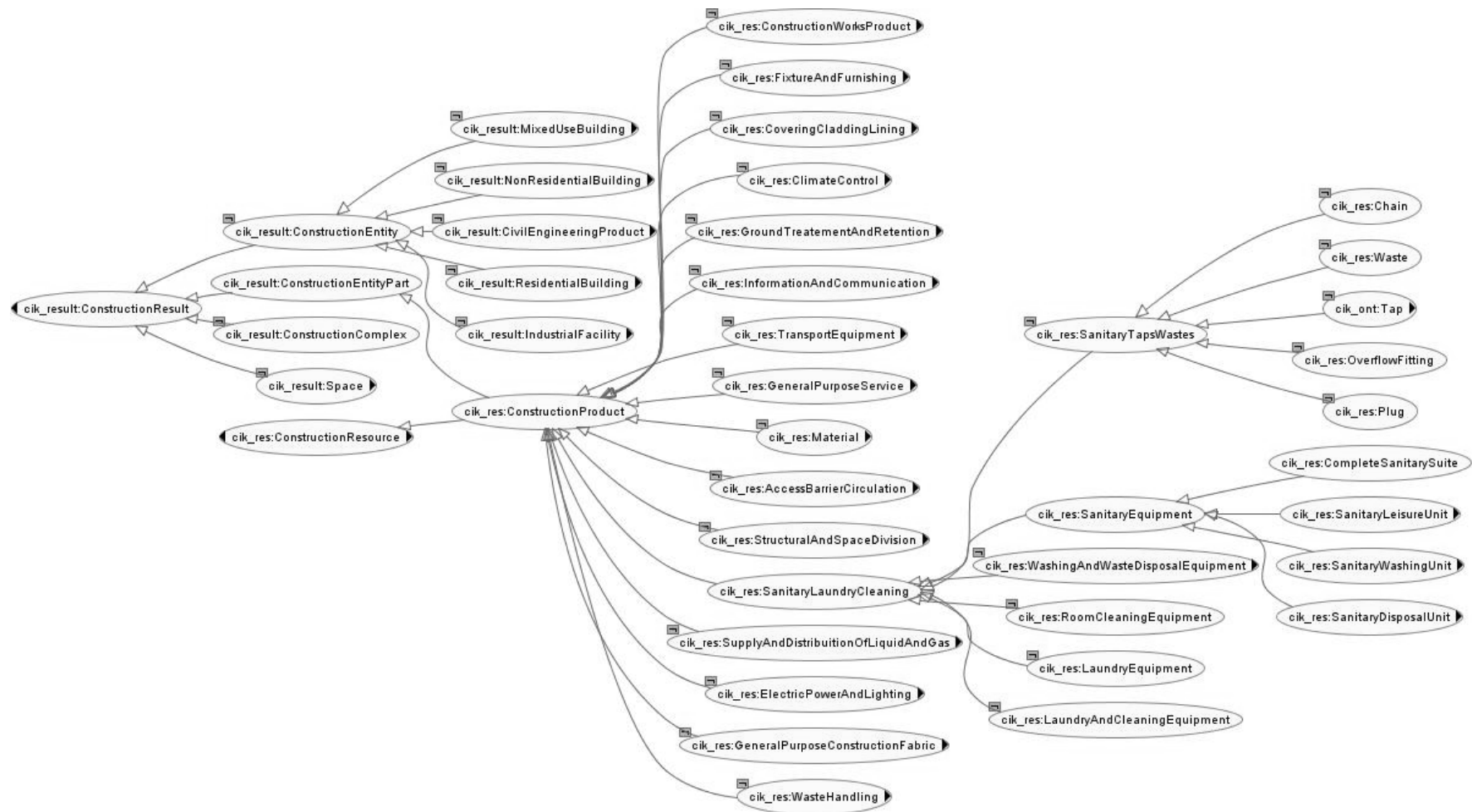


Figura B.3 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “ConstructionResult” da CIK *Ontology*.

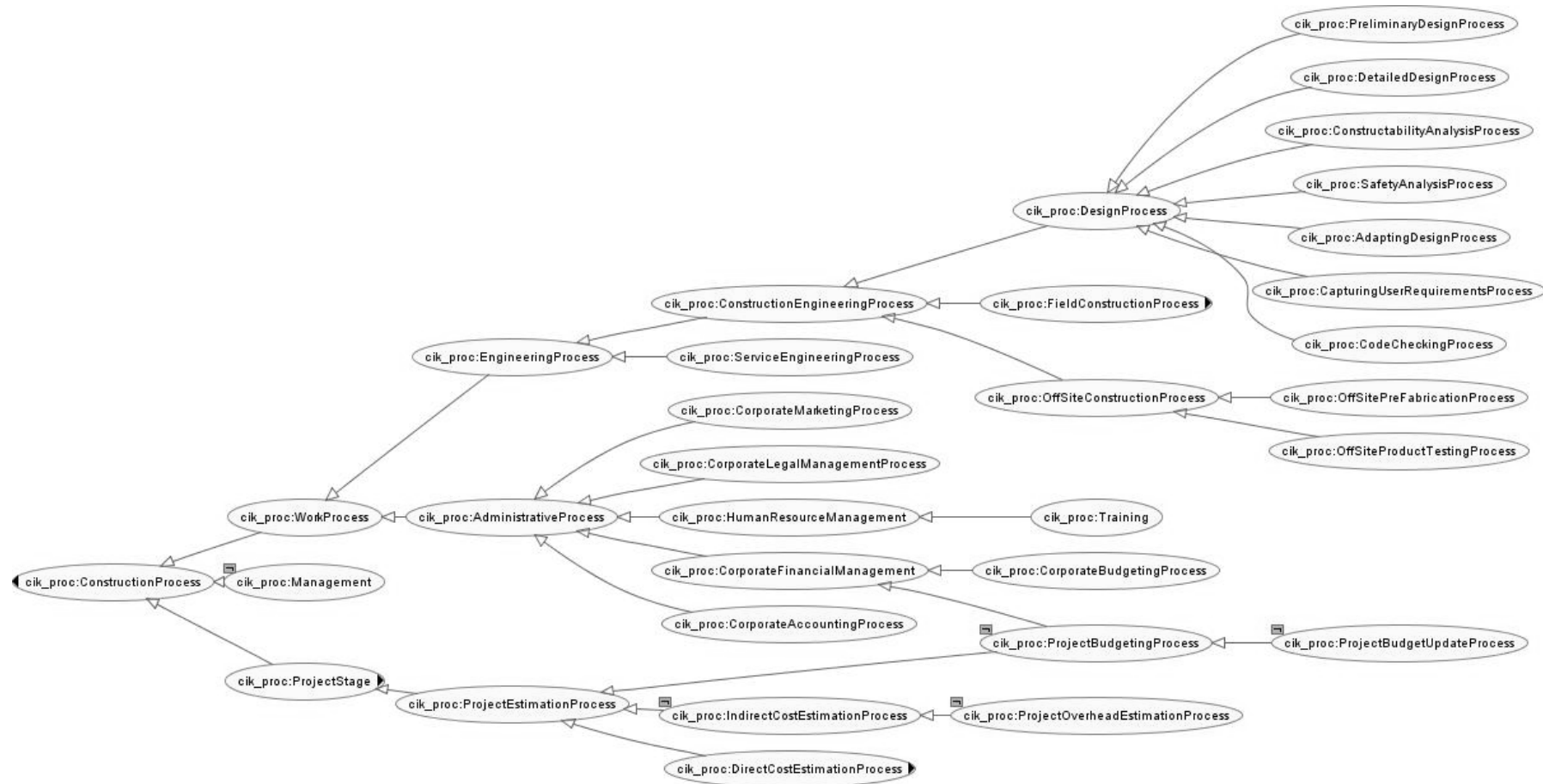


Figura B.4 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “ConstructionProcess” da CIK *Ontology*.

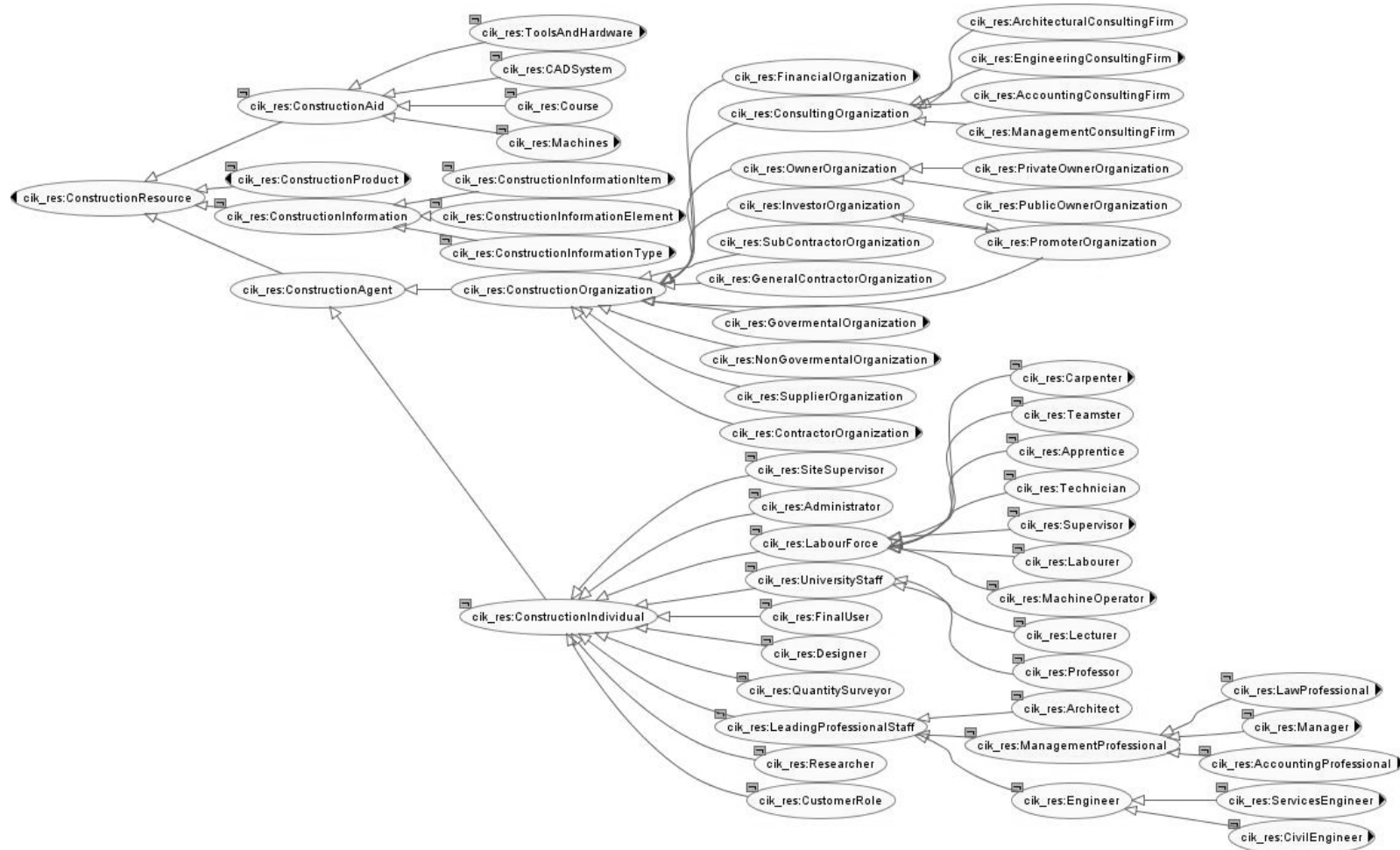


Figura B.5 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “ConstructionResource” da CIK *Ontology*.

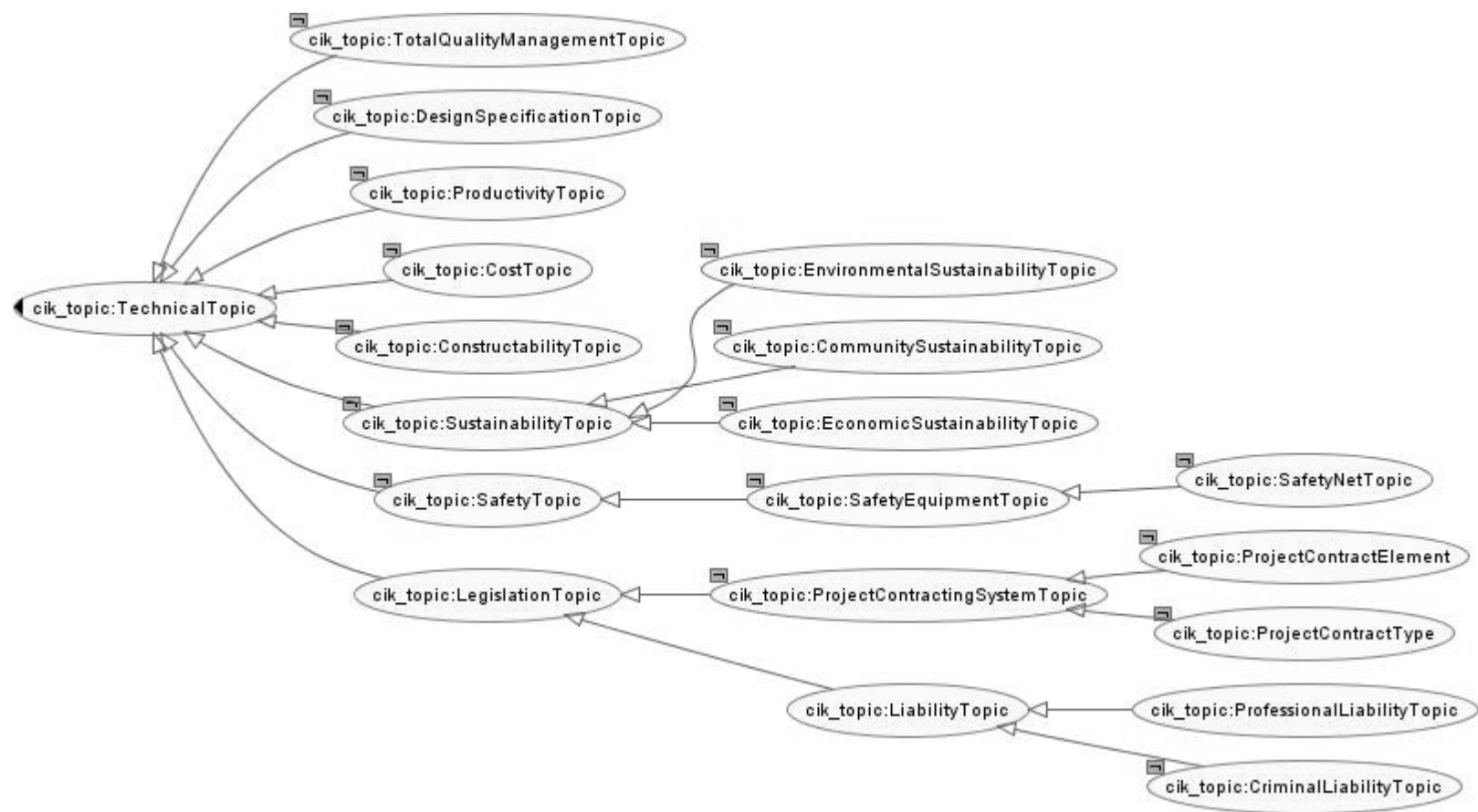


Figura B.6 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “TechnicalTopic” da CIK *Ontology*.

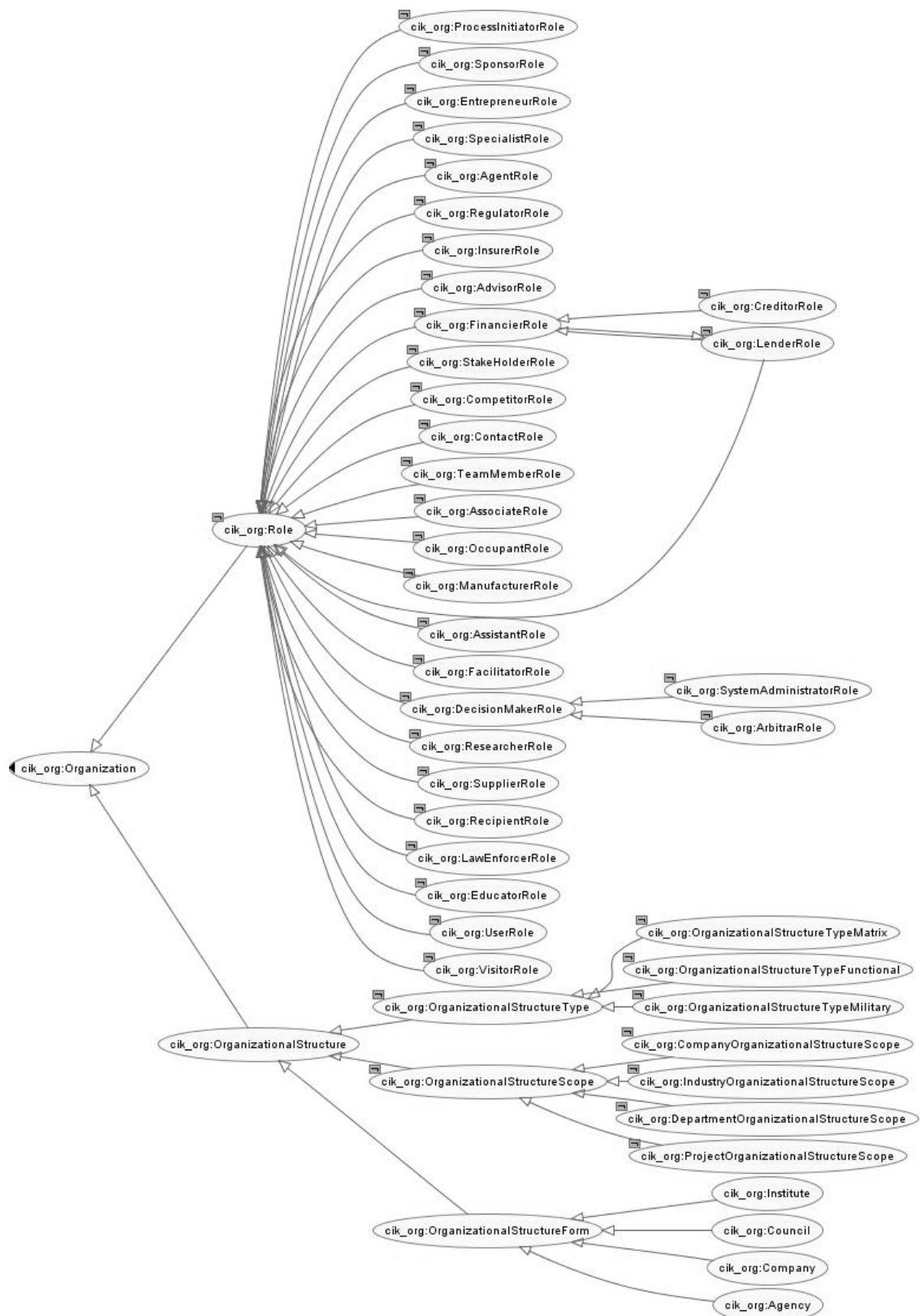


Figura B.7 - Extracto em OWL Viz da hierarquia do conceito “Organization” da CIK *Ontology*.