

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DO CONHECIMENTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO
DO CONHECIMENTO

Divino Ignácio Ribeiro Junior

MODELO DE SISTEMA BASEADO EM
CONHECIMENTO PARA APOIAR PROCESSOS DE
TOMADA DE DECISÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

Florianópolis
2010

Divino Ignácio Ribeiro Junior

**MODELO DE SISTEMA BASEADO EM
CONHECIMENTO PARA APOIAR PROCESSOS DE
TOMADA DE DECISÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito parcial para a obtenção do grau de Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Orientador: Prof. Dr. Vinícius Medina Kern
Co-orientador: Prof. Dr. Roberto Carlos Santos Pacheco

Florianópolis
2010

R484m Ribeiro Júnior, Divino Ignácio

Modelo de sistema baseado em conhecimento para apoiar processos de tomada de decisão em ciência e tecnologia / Divino Ignácio Ribeiro Júnior – 2010.

204 f. : il. ; 21 cm

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Conhecimento, Florianópolis, 2010.

Orientador: Vinícius Medina Kern

Co-orientador: Roberto Carlos Santos Pacheco

Bibliografia: f. 183-203

1. Gestão do Conhecimento – 2. Engenharia do Conhecimento – 3. Ciência e Tecnologia – 4. Processo decisório – I. Kern, Vinícius Medina – II. Pacheco, Roberto Carlos Santos – III. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia do Conhecimento – IV. Título

CDD: 658.4038

Divino Ignácio Ribeiro Junior
<folha de aprovação.

Dedico este trabalho à minha esposa Mônica pelo apoio incondicional e às minhas filhas Letícia e Beatriz, cujas existências se constituem na razão essencial de nossas vidas.

AGRADECIMENTOS

Há muito que agradecer nessa jornada de formação; a Deus, pelas oportunidades e bênçãos oferecidas no decorrer dessa trama complexa que constitui a nossa vida; à minha esposa Mônica, que compartilha os ideais e as angústias desse processo de evolução e crescimento pessoal e intelectual, dividindo cada pequena conquista; aos amigos de profissão, com os quais contei mesmo nos momentos menos favoráveis.

Aos revezes que emergiram ao longo destes anos e que provocaram interferência direta nesse processo; é, em torno deles, que há o maior dispêndio de energias para os superar; e, ao final de cada etapa, quando se olha do alto, verifica-se o aprendizado e o amadurecimento conquistados.

RESUMO

Os fluxos de capital e conhecimento que geram desenvolvimento socioeconômico são influenciados, no Brasil, por políticas, planejamento em C,T&I, e monitoramento. O sistema nacional de ciência, tecnologia e inovação, ou SNCTI, gera informação operacional disponível em plataformas públicas, mas a carência de sistemas de conhecimento nesse contexto leva à pergunta de pesquisa: como revelar conhecimentos para apoiar a tomada de decisão em C,T&I a partir de fontes de informação geradas pelos atores do SNCTI? Assim, foi criado um Modelo de Sistema Baseado em Conhecimento para apoiar processos de tomada de decisão em C,T&I baseado em instrumentos de Engenharia do Conhecimento (CommoKADS, KMDL, Ontologias OWL-DL e SWRL), e também, num referencial teórico-contextual sobre a C,T&I e Gestão do Conhecimento, para dar-lhe contexto, propósito e semântica. O Modelo criado foi aplicado num caso de planejamento em C&T, com a construção de um SBC, e verificou-se que o Modelo é capaz de usar informação de fontes públicas e revelar conhecimento para um Gestor de C,T&I. É escalável e é uma contribuição metodológica para a Engenharia do Conhecimento por articular diferentes instrumentos, e futuramente, pode ser experimentado em outras áreas do Conhecimento.

Palavras-chave: Gestão de Ciência, Tecnologia e Inovação; Sistemas Baseados em Conhecimento; Plataforma de Ciência e Tecnologia; Gestão do Conhecimento; Engenharia do Conhecimento.

ABSTRACT

Capital and knowledge flows that generate socioeconomic development are influenced, in Brazil, by policies, planning of Science, Technology and Innovation, and monitoring. The national system of science, technology and innovation, or SNCTI generates operational information available on public platforms, but the lack of knowledge systems in this context leads to the research question: how to reveal knowledge to support decision making in S, T & I from sources of information generated by actors in the SNCTI? Thus was created a model of Knowledge-Based System to support processes of decision making in S, T & I based on instruments to knowledge engineering (CommoKADS, KMDL, Ontologies OWL-DL and SWRL), and also a theoretical and contextual references about the C, T & I and Knowledge Management, to give context, purpose and semantics. The model created was applied in a case of S & T planning, with the construction of a KBS, and it was found that the model is able to use information from public sources and reveal knowledge to an S & T manager. It is scalable and is a methodological contribution to the Knowledge Engineering for articulating different instruments, and future, can be experienced in other areas of knowledge.

Keywords: Science, Technology and Innovation Management, Knowledge Based Systems, Platforms for Science and Technology, Knowledge Management, Knowledge Engineering.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA DA ESTRUTURA DO TRABALHO	33
FIGURA 2 – MANAGING NATIONAL INNOVATION SYSTEMS – FONTE: OECD (1999)	38
FIGURA 3 - DIMENSÕES DA EXCELÊNCIA NO PROCESSO DE PESQUISA, ELABORADAS NO ESTUDO DA ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2000, P.12)	52
FIGURA 4 - PERFIS DE EXCELÊNCIA EM PESQUISA NA ENGENHARIA, ADAPTADOS DO TRABALHO DA ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2000).....	58
FIGURA 5 - TAXA MÉDIA ANUAL DE CRESCIMENTO DE DOUTORES ENTRE 1996 E 2008 CGEE (2010).....	66
FIGURA 6 - CRESCIMENTO DOS PROGRAMAS DE DOUTORADO CGEE (2010)	66
FIGURA 7 - MODO DE ATRIBUIÇÃO DO ÍNDICE-H	73
FIGURA 8 - ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO - CHOO (2006, P.31).....	81
FIGURA 9 – EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DE CONHECIMENTO, ADPTADO DE SCHREIBER, AKKERMANS <i>ET AL.</i> (2002, P.14)	96
FIGURA 10 - VISÃO GERAL DO MODELO COMMONKADS ELABORADO POR SCHREIBER, AKKERMANS <i>ET AL.</i> (2002, P.18)	102
FIGURA 11 - ELEMENTOS DA KMDL VERSÃO 2.1	113
FIGURA 12 - VISÃO GERAL DO MODELO PROPOSTO	114
FIGURA 13 - VISÃO GERAL DA MODELAGEM DE ORGANIZAÇÃO (SCHREIBER, AKKERMANS <i>ET AL.</i> , 2002))	118
FIGURA 14 - ARQUITETURA DO MODELO DE GERAÇÃO DE SBC PARA C,T&I	141
FIGURA 15 - VISÃO DAS ETAPAS DE CRIAÇÃO DOS INDIVÍDUOS DA ONTOLOGIA.....	144
FIGURA 16 - FRAGMENTO DOS DADOS DA POPULAÇÃO ANALISADA NO CASO EXPERIMENTADO	156
FIGURA 17 - DIAGRAMA DA TAXONOMIA DAS CLASSES PRODUZIDAS A PARTIR DOS CONCEITOS.....	168
FIGURA 18 - DEFINIÇÃO DAS PROPRIEDADES	170
FIGURA 19 - REPRESENTAÇÃO DO PLANO DO EDITAL NA FORMA 5W1H.....	172
FIGURA 20 - REGRA IMPLEMENTADA NO PROTÉGÉ	175
FIGURA 21 - RESULTADO DO PROCESSAMENTO DA INFERÊNCIA USANDO SWRL NO PROTÉGÉ.....	176

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - MODELOS DE INOVAÇÃO: PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS E INDICADORES TÍPICOS, ELABORADOR POR VIOTTI (2003, p.63).....	39
QUADRO 2 - CARACTERÍSTICAS DOS MODOS DE PRODUÇÃO DO CONHECIMENTO ADAPATADO DE PELLEGRINI FILHO (2004, p.345).....	42
QUADRO 3 - ADEQUAÇÃO DAS MEDIDAS ÀS CARACTERÍSTICAS DO PROCESSO DE PESQUISA ELABORADO PELA ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2000, p.17).....	55
QUADRO 4 - MEDIDAS E INDICADORES PARA MENSURAÇÃO - ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING (2000, p.27).....	56
QUADRO 5 - SUMÁRIO DAS CARACTERÍSTICAS DAS METOLOGIAS PARA SBC - DIAS E PACHECO (2009).....	100
QUADRO 6 - PLANILHA OM-1 APLICADA AO MODELO	119
QUADRO 7- EXEMPLO DE PLANILHA QUE REGISTRA OS ELEMENTOS DOS NÍVEIS CONTEXTO E ATIVIDADES.....	120
QUADRO 8 – EXEMPLO DA PLANILHA COM DETALHAMENTO DAS TAREFAS (OM-3) ...	121
QUADRO 9 - EXEMPLO DA PLANILHA DE ATIVOS DE CONHECIMENTO (OM-4).....	123
QUADRO 10 - PLANILHA DE TAREFAS TM – 1 - SCHREIBER, AKKERMANS <i>ET AL.</i> (2002)	125
QUADRO 11 - PLANILHA TM-2 - PARTE QUE DESCREVE A NATUREZA DO ATIVO DE CONHECIMENTO	127
QUADRO 12 - PLANILHA TM-2 PARTE 2	129
QUADRO 13 - PLANILHA TM-2 PARTE 3	129
QUADRO 14 - PLANILHA OM-1	131
QUADRO 15 - MODELO DE PLANILHA PARA DESCRIÇÃO DE CONCEITOS	134
QUADRO 16 - PLANILHA PARA DESCRIÇÃO DE AÇÕES DE PLANEJAMENTO.....	135
QUADRO 17 - MODELO DE PLANILHA PARA DESCRIÇÃO DE REGRAS.....	137
QUADRO 18 - PLANILHA DA MODELAGEM DE COMUNICAÇÃO	140
QUADRO 19 - SÍNTESE DAS TAREFAS DE CRIAÇÃO DA ONTOLOGIA.....	143
QUADRO 20 - PLANILHA OM-1 – PROBLEMAS E OPORTUNIDADES RELATIVAS AO CONTEXTO.....	148
QUADRO 21- ASPECTOS DIVERSOS NO CASO DO EDITAL	149
QUADRO 22 – DESCRIÇÃO DAS TAREFAS	151
QUADRO 23 - ATIVOS DE CONHECIMENTO IDENTIFICADOS NO CASO DO EDITAL (OM-4)	153
QUADRO 24 - PLANILHA DE TAREFAS TM – 1 – TAREFA 1-1.....	155
QUADRO 25 – PLANILHAS TM-1 COM A DESCRIÇÃO DAS TAREFAS IDENTIFICADAS (TAREFAS 1-2 E 2-1)	158
QUADRO 26 - PLANILHAS TM-2 DO ATIVO DE CONHECIMENTO DA TAREFA 1-1.....	160
QUADRO 27 – RELAÇÃO DE CONCEITOS IDENTIFICADOS NO CASO EM ANÁLISE	164

QUADRO 28 - PLANILHA PARA DESCRIÇÃO DE AÇÕES DE PLANEJAMENTO	165
QUADRO 29 - MODELO DE PLANILHA PARA DESCRIÇÃO DE REGRAS	166
QUADRO 30 - PLANILHA DA MODELAGEM DE COMUNICAÇÃO	166

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	17
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA.....	17
1.2	OBJETIVOS	22
1.3	ADERÊNCIA AO OBJETO DE PESQUISA DO PROGRAMA EGC.....	22
1.4	INEDITISMO E CONTRIBUIÇÃO TEÓRICA	24
1.5	PRESSUPOSTOS DESTES TRABALHOS	26
1.6	JUSTIFICATIVA TEÓRICA.....	26
1.7	ESCOPO E LIMITAÇÕES DESTA PESQUISA.....	29
1.8	CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA	29
1.9	ESTRUTURA DESTES TRABALHOS	31
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
2.1	MODELOS DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO	34
2.1.1	<i>Modelos de Inovação.....</i>	<i>35</i>
2.1.2	<i>Os Modos de Produção do Conhecimento.....</i>	<i>40</i>
2.1.3	<i>Críticas aos Modos de Produção do Conhecimento.....</i>	<i>45</i>
2.1.4	<i>As Redes de Pesquisa e a Colaboração Científica</i>	<i>45</i>
2.1.5	<i>Sistemas de Indicadores para avaliação: o exemplo da Royal Society of Engineering.....</i>	<i>51</i>
2.2	MOTIVAÇÃO DA GESTÃO EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO: UMA BREVE CONTEXTUALIZAÇÃO	59
2.3	GESTÃO DO CONHECIMENTO E PROCESSOS DE TOMADA DE DECISÃO.....	80
2.4	FUNDAMENTOS DA ENGENHARIA DO CONHECIMENTO	84
2.4.1	<i>Origens e Evolução da Engenharia do Conhecimento</i>	<i>84</i>
2.4.2	<i>Inteligência Artificial e a Gênese da Engenharia do Conhecimento</i>	<i>85</i>
2.4.3	<i>Representação do Conhecimento</i>	<i>89</i>
2.4.4	<i>Paradigmas da Engenharia do Conhecimento.....</i>	<i>94</i>
2.4.5	<i>Metodologias para Engenharia do Conhecimento</i>	<i>97</i>
2.4.6	<i>Sistemas Baseados em Conhecimento.....</i>	<i>103</i>
2.4.7	<i>Desenvolvimento de Ontologias como aplicação da Engenharia do Conhecimento</i>	<i>104</i>
2.4.8	<i>Base de Conhecimento.....</i>	<i>108</i>
2.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	109
3	O MODELO DE SISTEMA BASEADO EM CONHECIMENTO PARA C,T&I	111
3.1	ESTRUTURA DESTES CAPÍTULOS	111

3.2	VISÃO GERAL DO MODELO	111
3.3	NÍVEL 1: CONTEXTO	116
3.4	NÍVEL 2: ATIVIDADES INTENSIVAS EM CONHECIMENTO.....	117
3.5	NÍVEL 3: PROCESSOS DE ENGENHARIA DO CONHECIMENTO.....	117
3.5.1	<i>Modelagem de Organização</i>	117
3.5.2	<i>Modelagem de Tarefa</i>	124
3.5.3	<i>Modelagem de Agentes</i>	130
3.5.4	<i>Modelagem de Conhecimento</i>	131
3.5.5	<i>Modelagem de Comunicação</i>	139
3.6	NÍVEL 4: ARTEFATOS DE ENGENHARIA DO CONHECIMENTO.....	140
3.7	NÍVEL 5: ARTEFATOS DE CONHECIMENTO	142
3.8	CONSIDERAÇÕES SOBRE ESTE MODELO.....	144
4	APLICAÇÃO DO MODELO PARA CONSTRUÇÃO DO SBC	146
4.1	CASO DO EDITAL DE FOMENTO À FORMAÇÃO DE DOUTORES	146
4.2	A APLICAÇÃO DO MODELO.....	147
4.2.1	<i>Criação das Classes e Propriedades</i>	167
4.2.2	<i>Criação dos Indivíduos</i>	171
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	177
5.1	QUANTO AOS OBJETIVOS DA TESE	177
5.2	PESQUISAS FUTURAS.....	180
6	BIBLIOGRAFIA.....	183

1 Introdução

1.1 Contextualização do Problema de Pesquisa

Em diversos países, há políticas e ações para o desenvolvimento consistente e continuado da Ciência, Tecnologia e da Inovação - C,T&I, que têm por pressuposto a capacidade de geração de valor, de qualidade de vida e do desenvolvimento social. (nível deveria ser substituído por outro termo, pois está em desuso, melhor, muito batido) talvez usar condição ou à altura.

Neste contexto, investimentos em pesquisa para a produção do conhecimento, no fomento à inovação e na formação de recursos humanos para essas atividades são alguns exemplos de ações realizadas no âmbito dessas políticas.

No Brasil, o desenvolvimento da C,T&I tem sido reorientado a partir da revisão de políticas do Governo Federal, de contribuições produzidas nas Conferências Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação, pela criação de novos programas e com o aumento crescente de recursos disponibilizados para o seu fomento, principalmente, por meio das agências promotoras ligadas ao Ministério de Ciência e Tecnologia - MCT e Ministério da Educação - MEC.

Um exemplo é o Plano de Ação em Ciência, Tecnologia e Inovação - 2005-2010 - PACTI (BRASIL, 2007) que apresenta um programa para ampliar a base de pesquisa científico-tecnológica e de inovação, partindo da constatação da existência da baixa densidade de pessoal qualificado na atuação em segmentos considerados estratégicos, e da necessidade de ampliar esforços para aumentar o contingente de recursos humanos em C,T&I. Nesse documento, podem destacar-se as seguintes ações: a) aumento do número de bolsas de pós-graduação, por meio da articulação do MCT com outras agências (CNPq, FINEP, FAPs e a Associação Brasileira de Educação Corporativa - ABEC); b) fomento da iniciação científica e tecnológica no nível superior e secundário; c) estímulo à criação de Mestrados Profissionais, que poderá ser orientado por estudos realizados pela CAPES e CNPq sobre processos de qualificação e quantificação de demandas por profissionais especialistas; d) fortalecimento de projetos para inserção de

pesquisadores e doutores nas empresas com apoio do CNPq e FINEP; e) aumento de bolsas de Produtividade em Pesquisa; f) programas de fixação de pesquisadores em regiões consideradas estratégicas. O Plano Nacional de Pós-Graduação - PNPg 2005-2010 Brasil (2005) também apresenta políticas com princípios e pressupostos comuns ao PACTI, referentes à articulação com o setor produtivo.

Observam-se, nessas ações, diversos mecanismos para promover o desenvolvimento e a integração de recursos humanos, de maneira a modificar sistemicamente os contextos em que eles atuam e, também, gerar mudanças à longo prazo que tornem permanentes as características desejáveis de uma sociedade do conhecimento.

Um importante pressuposto, existente nesse contexto, é referente à criação de conhecimento, seus fluxos e usos, os quais se constituem num essencial fator que influencia o crescimento econômico e que é algo, geralmente, aceito pela comunidade de C,T&I, como se pode verificar na afirmação de Carlsson, Acs *et al.* (2009, p.1193):

É normalmente aceito que a criação de conhecimento novo é um importante direcionador do crescimento econômico. Mas os mecanismos pelos quais o novo conhecimento faz emergir o crescimento econômico não são bem compreendidos.

Esse pressuposto é também encontrado no Manual de Oslo (2005, p.15):

Devido a vantagens em tecnologias e maiores fluxos de informação, o conhecimento é cada vez mais percebido como um condutor central do crescimento econômico e da inovação. Porém, ainda não se sabe como tais fatores afetam a inovação. Para o desenvolvimento de políticas de suporte apropriado à inovação, é necessário um melhor entendimento de vários aspectos críticos do processo de inovação, tais como as atividades de inovação que não estão incluídas na Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), as interações entre os

atores e os fluxos relevantes de conhecimento. O desenvolvimento de políticas também exige a obtenção de melhores informações.

Silva e Melo (2001) afirmam que a produção de conhecimento e a sua incorporação em inovações tecnológicas são fatores preponderantes no aumento da produtividade e na geração de oportunidades de investimentos, assim como, uma característica central da inovação tecnológica nas economias industrializadas é a incorporação de conhecimento científico de natureza complexa.

Nesse contexto de desenvolvimento socioeconômico, baseado no conhecimento, há outra dimensão a ser destacada: a gestão da atividade científica. Ela compreende os processos de planejamento e investimentos para que tal desenvolvimento aconteça de maneira sustentável e com efetividade. No entendimento de Houghton, Steele *et al.* (2003), este desenvolvimento depende, especialmente, se não mais, das políticas para o seu desenvolvimento e da forma como o conhecimento é disseminado, do que o próprio conhecimento gerado nestes contextos.

Niederauer (2002, p.8) observou que a atividade científica tem sido realizada, ao longo dos anos, de maneira cada vez mais sistematizada e com quantidades crescentes de recursos investidos, especialmente a partir da segunda metade do século XX, os quais são acompanhados pela criação de mecanismos de monitoramento e avaliação de resultados. O desenvolvimento desses mecanismos é uma prática constante por serem fundamentais para corrigir rumos e orientar aqueles investimentos, e esse desenvolvimento é realizado em diferentes abordagens, sempre com um objetivo comum: compreender a expressão das ações empreendidas em favor das atividades em C,T&I, por meio da observação e análise dos seus fenômenos.

Sabe-se que essas atividades de gestão precisam ser planejadas e ligadas a visões estratégicas que as tornem efetivas, no sentido de promover a geração de resultados que modifiquem os contextos dos quais elas fazem parte, destacando-se um tipo de tarefa intensiva em conhecimento que está sempre presente: o processo de tomada de decisão. Trata-se de um componente essencial nos processos de gestão e que envolve processos de escolha, uso de informações, conhecimento e experiência do gestor.

O valor da informação em processos de tomada de decisão é algo crítico; sua qualificação está na medida em que possibilita, ao tomador de decisão, a redução da incerteza inerente ao problema ou na viabilização de análises para que chegue a conclusões que possam orientar, adequadamente, esses processos.

Em função deste fato, a gestão das fontes e dos fluxos de informação nas organizações também é objeto de planejamento e investimentos; decorre daí, a criação das ferramentas de software destinadas ao processamento de dados, geração de informações para a tomada de decisão (ex: *Business Intelligence*- BI), gestão documental (ex: *workflows*), entre outras.

Assim, a natureza dos processos de tomada de decisão é caracterizada por elementos típicos de atividades intensivas em conhecimento, ou seja, faz uso intensivo de insumos de informação e de conhecimento para que tais processos possam ser realizados.

Gestores e Analistas de C,T&I utilizam dados e informações produzidos a partir de bancos de dados, estudos prospectivos realizados por encomenda (ex: censos, estudos do CGEE) ou, ainda, estudos estatísticos realizados por institutos especializados. Para que tais dados e informações sejam utilizados nos processos de tomada de decisão, normalmente são desenvolvidos sistemas de informação que produzam informação estruturada e sob demanda para cada processo de decisão, cabendo, sempre, a quem decidir, a contextualização e organização da informação gerada por tais sistemas.

O desenvolvimento da área da Gestão do Conhecimento - GC tem proporcionado, às organizações, novas perspectivas para uma gestão em contextos organizacionais sujeitos às mudanças recentes na sociedade e na economia. Segundo Stewart (1998), a capacidade competitiva de uma organização está relacionada ao seu capital intelectual, ou seja, às competências das equipes, ao conhecimento das pessoas, ao *know-how* dos trabalhadores, ao acesso e compartilhamento de informação e conhecimento na organização.

Nesse contexto, a Gestão do Conhecimento se propõe gerir esses *ativos de conhecimento* e, também, os processos relacionados a eles. Atividades de identificação de ativos, desenvolvimento, preservação, uso e compartilhamento são exemplos desses processos.

Em princípio, processos de tomada de decisão podem se tornar mais bem sucedidos quando apoiados na Gestão do Conhecimento, justamente pelas condições que essa área tem a oferecer em relação à gestão de ativos de conhecimento que potencializam seu valor estratégico para tais processos.

Juntamente à Gestão do Conhecimento está a Engenharia do Conhecimento - EC; é um campo que emergiu a partir de um conjunto de técnicas aplicadas ao desenvolvimento de sistemas no âmbito da Inteligência Artificial - IA - evoluindo para uma área de conhecimento que, na atualidade, contempla preocupações relacionadas aos processos de modelagem, validação, repetição e reuso de modelos e métodos, considerando o conhecimento não mais como um elemento a ser transposto para o uso computacional, mas como algo inerente à dinâmica de atividades intensivas em conhecimento e com contexto de aplicação definido no âmbito da Gestão do Conhecimento.

A Engenharia do Conhecimento pode contribuir em processos de tomada de decisão com o desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento - SBC - que utilizem os dados disponíveis como insumo à geração de informação estratégica ou de novos conhecimentos no âmbito da decisão a ser tomada. Sabe-se, no entanto, que tal contribuição não se dá de forma trivial ou automática, como se faria ao acoplar um módulo de software numa plataforma de serviços e que lhe conferisse uma nova funcionalidade; é necessária uma abordagem estruturada e sistematizada, para que haja clareza dos papéis que a Engenharia do Conhecimento pode assumir em contextos de tomada de decisão.

É, neste momento, que se situa a questão de pesquisa proposta por esta tese:

Como revelar conhecimentos para o apoio à tomada de decisão em C,T&I, a partir de fontes de informação geradas pelos atores do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação?

Apresentado o contexto em que se posiciona esta pesquisa, passa-se, então, à apresentação dos objetivos e das justificativas.

1.2 Objetivos

Considerando a problemática apresentada, propõe-se o seguinte objetivo norteador e de abordagem deste trabalho:

Criar um Modelo de um Sistema Baseado em Conhecimento para apoiar processos de tomada de decisão em C,T&I.

No alcance do Objetivo Geral, são estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Conceber os componentes e estrutura do Modelo;
- Selecionar os instrumentos que o Modelo necessitará para possibilitar as atividades de Engenharia do Conhecimento;
- Demonstrar a aplicação do modelo de SBC em um caso de gestão de C,T&I.

1.3 Aderência ao Objeto de Pesquisa do Programa EGC

A abordagem ao problema de pesquisa é realizada com base nos pressupostos teóricos e metodológicos da área de concentração Engenharia do Conhecimento do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento - EGC que, por sua vez, é definida na seguinte forma:

...os objetivos da área de Engenharia do Conhecimento incluem a pesquisa e o desenvolvimento de técnicas e ferramentas para a formalização, codificação e gestão do conhecimento; de métodos de análise da estrutura e processos conduzidos por profissionais em atividades de conhecimento intensivo; e a pesquisa e desenvolvimento de sistemas de conhecimento. As atividades de pesquisa, formação e desenvolvimento da área de Engenharia do Conhecimento encontram sinergia com as áreas de Gestão do Conhecimento e Mídia e Conhecimento nos seguintes aspectos: - Pesquisa e desenvolvimento de metodologias de identificação, representação e gestão de

conhecimento; - Aplicação de sistemas de conhecimento à gestão do conhecimento organizacional (formalização, memória e tomada de decisão); - Aplicação de sistemas de conhecimento à interação homem-máquina, como suporte aos trabalhadores de conhecimento, inclusive na educação; - Aplicação de sistemas de conhecimento em mundos virtuais interativos visando à melhoria da eficácia e eficiência dos processos de treinamento e capacitação. (EGC, 2004)

Assim, a aderência ao objeto de pesquisa do EGC se dá pela adoção do seu principal pressuposto: o conhecimento como fator de produção, de geração de riqueza, que pode ser tratado por métodos e técnicas de Engenharia e Gestão do Conhecimento. Modelagem do Conhecimento, Gestão de Ativos de Conhecimento e de seus fluxos são alguns exemplos de atividades tipicamente realizadas nessa área e que orientam a abordagem do problema de pesquisa desta tese.

Estes pressupostos teóricos são de natureza interdisciplinar, pois reúnem elementos diferentes, áreas num processo de articulação teórico-metodológica que proporcionam a viabilidade da abordagem ao problema de pesquisa, a qual não seria possível num contexto disciplinar. Essa visão integradora está situada no mesmo entendimento da CAPES (2009), pois é nesses contextos interdisciplinares que se apresentam os grandes desafios epistemológicos – teóricos e metodológicos – e que se configuram como algo estratégico para estabelecer a relação entre saberes, “entre o teórico e o prático, entre o filosófico e o científico, entre ciência e tecnologia, apresentando-se, assim, como um saber que responde aos desafios do saber complexo” (CAPES, 2009).

Outra dimensão desta pesquisa, que se alinha ao objeto de pesquisa do EGC, é o seu caráter aplicado e interdisciplinar; o desenvolvimento do modelo proposto no Objetivo Geral é a materialização do ponto de convergência obtido pela aplicação da Engenharia e Gestão do Conhecimento com uma problemática de Gestão em Ciência e Tecnologia atual e de relevante importância para a pesquisa científica.

Portanto, não se trata somente de uma pesquisa que foca um problema teórico puro, mas um problema de pesquisa definido, a partir de um contexto que demanda uma solução aplicável no âmbito da Engenharia do Conhecimento, de natureza interdisciplinar e viável do ponto de vista dos pressupostos e teorias da Engenharia e Gestão do Conhecimento.

1.4 Ineditismo e Contribuição Teórica

A investigação dos processos de tomada de decisão para C,T&I, de forma a se obter perspectivas cada vez mais nítidas sobre sua dinâmica, é um tópico atual na Gestão da Ciência, Tecnologia e Inovação, o que se verifica pela variedade de abordagens presentes na literatura dos dias atuais. O tema não é novo; Niederauer (2002, p.20) apresenta em seu trabalho uma problemática associada à dificuldade de se produzir métodos usados na avaliação da atividade científica, conforme se segue:

... a maioria dos artigos aplicando métricas em C&T usa um ou, no máximo, dois indicadores quantitativos. [...] Ainda que elas [as publicações] representem o principal indicador do desempenho de um pesquisador, sua carreira não se constrói somente em cima de publicações. Pesquisadores formam outros pesquisadores. Geram produtos e processos e realizam consultorias e assessorias. Não é fácil medir a produtividade de um pesquisador. Mais complexo ainda é avaliar grupos e instituições, pois outros componentes e variáveis interferem no processo. Mesmo assim, os modelos que se destinam a avaliar a ciência e seus atores devem reproduzir da maneira mais fiel possível esse universo. Um indicador isolado pode, no máximo, capturar um espectro do desempenho. Portanto, há um campo enorme para o uso de múltiplos indicadores.

O autor evidencia o problema de se avaliar a Ciência com base em apenas alguns poucos indicadores quantitativos e destaca a existência de uma gama de possibilidades para a criação de modelos para a sua aferição. Conforme Santos (2003), a Cientometria, tal

qual se apresenta hoje, constitui-se fundamentalmente um reducionismo bibliométrico, cujas premissas conceituais remontam ao começo do século XIX e, complementando o argumento de Niederauer (2002), Santos e Kobashi (2005) afirmam que indicadores quantitativos, baseados somente nas publicações não representam uma perspectiva realista sobre o estado da ciência e da tecnologia, mas apenas aproximações da realidade ou uma expressão incompleta dela e, também, que a abordagem dos indicadores, para ter significado, deve ser comparativa, evitando o excesso de confiança nesses indicadores.

O desenvolvimento de ambientes de informação para C,T&I tem apresentado novas perspectivas na produção de indicadores e para o apoio à tomada de decisão, a exemplo de tecnologias como a descoberta de conhecimento em banco de dados – *Knowledge Discovery in Database* - KDD, de *Business Intelligence* e uso de ontologias para dar suporte aos processos de recuperação de informação.

Para verificar a existência de estudos com essa abordagem, foram explorados os seguintes periódicos: Minerva, Science and Policy, Scientometrics, Parcerias Estratégicas, Revista Brasileira de Pós-Graduação, Revista Ciência da Informação, Revista Perspectivas em Ciência da Informação, Revista Iberoamericana de Ciência, Tecnologia y Sociedad e Biblioteca Digital de Teses e Dissertações do IBICT nas áreas de Ciência da Computação e Engenharia de Produção, nos quais se encontram publicações relacionadas à questão de pesquisa apresentada.

A contribuição deste trabalho situa-se no âmbito da Engenharia do Conhecimento, especialmente no desenvolvimento de modelos para a criação de Sistemas Baseados em Conhecimento. As atividades intensivas em conhecimento precisam ser apoiadas por fontes de conhecimento, e os Sistemas Baseados em Conhecimento são recursos que podem produzir conhecimento a partir de fontes de informação.

Neste contexto, a aplicação dos pressupostos e teorias da Gestão do Conhecimento e de métodos e técnicas da Engenharia do Conhecimento proporcionarão uma nova abordagem de solução para o problema proposto e, além disso, novas oportunidades de

pesquisa, a partir da aplicação da Engenharia e Gestão do Conhecimento no contexto da Gestão da Ciência e Tecnologia.

1.5 Pressupostos deste trabalho

O fomento para o desenvolvimento da C,T&I é um mecanismo para o incremento da produção do conhecimento, da economia e da consolidação da Sociedade do Conhecimento. Esse pressuposto é amplamente aceito pela comunidade científica e está presente nas políticas Governamentais para a sua consolidação; as discussões nas Conferências Nacionais de Ciência, Tecnologia e Inovação relacionadas à Educação e à produção de Conhecimento têm isso por princípio.

A relação entre investimentos em C,T&I e crescimento econômico baseado na Inovação precisa ser tratada como um fenômeno complexo e não-linear, em função da multiplicidade de variáveis envolvidas.

Assim, pressupõe-se que processos de tomada de decisão em C&T precisam ser suportados por fontes de informação confiáveis e conhecimento sobre como articular e descobrir conhecimentos, a partir dessas fontes para orientar adequadamente tais processos. Nesse contexto, entende-se, também, que a Engenharia do Conhecimento tem a oferecer as condições necessárias para o desenvolvimento do Modelo proposto nesta tese e, em trabalhos futuros, será possível a criação de Sistemas Baseados em Conhecimento capazes de revelar conhecimento, através de fontes de informação para apoiar processos de tomada de decisão em outros contextos de atuação.

1.6 Justificativa Teórica

Por que propor o desenvolvimento de um modelo para a criação de Sistemas Baseados em Conhecimento que apoiem processos de tomada de decisão? Os sistemas de apoio à decisão, conhecidos da literatura especializada e as plataformas de gestão de C&T existentes, não seriam suficientes no amparo de tais processos? Neste tópico, serão apresentadas as justificativas para a abordagem do problema de pesquisa.

Os modelos que representam a dinâmica inerente ao Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação - SNCTI estabelecem uma visão de mundo acerca da produção do conhecimento científico e tecnológico, e a maneira como os atores desse sistema (cientistas, organismos de fomento, governo, universidade, setor produtivo, entre outros) compreendem a atividade científica está sujeita a essa visão de mundo e aos instrumentos que são aplicados para gerar conhecimento sobre estas atividades.

Neste sentido, define-se a relevância da produção de modelos que representem as atividades de C,T&I; não que sejam importantes *per se*, mas porque sua *competência* em representar a realidade dessas atividades é um fator crítico para o planejamento e gestão de Ciência e Tecnologia (C&T).

A vinculação da ciência, tecnologia e conhecimento ao desenvolvimento socioeconômico é um requisito indispensável ao fortalecimento de uma economia baseada em conhecimento. De acordo com Farley (2006, p.11), para apoiar este desenvolvimento é necessária uma melhor compreensão de como se podem impulsionar os esquemas atuais de colaboração de pesquisa e, ainda, que as percepções da natureza da produção do conhecimento e suas aplicações tenham melhorado o elo entre o conhecimento e os resultados de sua aplicação; muito trabalho terá de ser feito para se transferir, compartilhar e administrar o conhecimento para o desenvolvimento.

Em relação a isso, Santos, Coelho *et al.* (2004, p.192) afirmam que os investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) precisam ser planejados, ligados a visões estratégicas que incorporem condições na transformação de seus resultados em processos, produtos e serviços, sendo que, apenas o aumento dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento não garante os resultados em termos de produtividade e desenvolvimento econômico. É neste contexto de valoração das estratégias para o desenvolvimento em P&D que está a relevância do desenvolvimento de modelos para a análise das atividades em C,T&I; a percepção da dinâmica da realidade do desenvolvimento científico e tecnológico é dependente dos métodos e recursos aplicados nesses processos de análise.

A motivação para o desenvolvimento destes novos modelos não é casual, ou ainda, não é apenas baseada apenas na constatação dos limites de indicadores quantitativos, produzidos a partir de publicações ou de patentes; é, também, motivada pela necessidade de se obter meios de análise capazes de ‘detectar’ fenômenos inerentes ao SNCTI. Um exemplo disso é um estudo realizado pela OECD (Organization for Economic Co-Operation and Development), materializado no Manual de Oslo (OECD, 2005), que parte do pressuposto de que as análises de processos de inovação devem focar as interações entre os atores envolvidos no desenvolvimento, ao invés de focar apenas os *inputs* e *outputs* (ex: investimentos em pesquisa e geração de patentes ou publicações, respectivamente) como é feito tradicionalmente. No entendimento sugerido neste estudo, a inovação e o progresso tecnológico são o resultado de um complexo conjunto de relacionamentos entre atores produzindo, distribuindo e aplicando vários tipos de conhecimento em empresas, universidades e institutos de pesquisa, e as formas tradicionais de mensuração negligenciam como estes atores interagem entre si. Dito de outra forma, o conhecimento sobre estas interações pode melhorar os processos de mensuração e avaliação, permitindo, por exemplo, a identificação de problemas nos fluxos de conhecimento entre os atores, ou melhorar políticas que visam o aperfeiçoamento do trabalho em rede entre estes atores.

Citando como exemplo um estudo realizado num contexto disciplinar (área das Engenharias) pela Royal Academy of Engineering (2000), envolvendo a análise de documentos sobre políticas de avaliação em ciência, a fim de identificar as suas práticas, revelou que o desenvolvimento de mecanismos de avaliação da pesquisa é um aspecto considerado importante na elaboração de políticas de C&T. Deste estudo, destacam-se duas conclusões: a) outros países estão voltando os olhos ou dando mais atenção para o problema de como medir a qualidade da pesquisa quando uma proporção significativa dos *outputs* não podem ser reduzidos em artigos acadêmicos ou científicos; b) há um aumento do reconhecimento de que a pesquisa em engenharia e as ciências aplicadas demandam métodos de avaliação que diferem de outros, tradicionalmente, aplicados para avaliar as ‘ciências puras’.

Por fim, verifica-se no trabalho de Viotti e Macedo (2003) a concordância com esses argumentos quando os autores enumeram as seguintes razões para estudos sobre indicadores a C,T&I: a) alimentar as investigações sobre a natureza e os determinantes dos processos de produção, difusão e uso de conhecimentos científicos, de tecnologias e inovações; b) comunicar a formulação, acompanhamento e avaliação de políticas públicas; c) informar a sociedade sobre os temas de C,T&I.

Observam-se, a partir das referências apresentadas, evidências que justificam a pesquisa na criação de um Modelo de um SBC para apoio a processos de tomada de decisão em C,T&I. A aparente ênfase nas questões de C,T&I, deve-se ao fato de que as aplicações de EC estão vinculadas a contextos de GC e suas aplicações objetivam instrumentalizar a GC, como referenciado à página 22 no tópico sobre a aderência ao EGC.

1.7 Escopo e limitações desta pesquisa

O desenvolvimento do Modelo de Sistema Baseado em Conhecimento proposto considera sua aplicação em tarefas de planejamento no contexto de C,T&I, e a fonte de informação usada no experimento é construída a partir de um grupo de Currículos Lattes de pesquisadores previamente selecionados, cujos dados são tratados de forma quantitativa e por métodos de análise que empregam técnicas de *Datawarehouse*.

Nesse sentido, deve levar-se em conta que a interpretação dos resultados fornecidos por um SBC, baseado nesse modelo é influenciada pelas características do domínio de aplicação e das fontes de informação que esse SBC utilizará na revelação do conhecimento.

1.8 Caracterização metodológica

A elaboração do trabalho de pesquisa científico demanda uma abordagem metódica sobre o uso de procedimentos metodológicos, de maneira a possibilitar a elaboração de uma solução cientificamente consistente para o problema proposto. Assim, este

tópico apresenta os procedimentos metodológicos utilizados na sua realização.

O planejamento da pesquisa foi organizado por meio das etapas a seguir:

- 1) Estudo sobre planejamento e tomada de decisão em Ciência, Tecnologia e Inovação:** nesta etapa, é realizado um estudo sobre o contexto, histórico e princípios relativos ao desenvolvimento da C,T&I, com o objetivo específico de compreender seus modelos, proporcionando os elementos de *contexto* e *propósito* que o Modelo proposto nesta Tese precisa ter;
- 2) Estudo sobre Engenharia do Conhecimento:** realizar um estudo sobre a EC, caracterizando seu histórico, métodos e pressupostos, com o propósito de caracterizar os recursos necessários à proposição de um Modelo de construção de Sistemas Baseados em Conhecimento.
- 3) Proposição do Modelo:** nesta etapa, é criado o Modelo proposto no Objetivo Geral. Tal processo se dá a partir dos subsídios obtidos nas fases anteriores, sempre procurando criar algo que pudesse ser aplicável, na forma de uma orientação de procedimentos para o Engenheiro de Conhecimento.
- 4) Aplicação do Modelo:** aqui é definido um caso para aplicação em um SBC, criado com base no Modelo proposto; esse caso é um problema de planejamento em C&T, definido e verificado como tal por um Analista do CNPq para demonstrar o processo de criação do SBC.
- 5) Conclusões e Trabalhos Futuros:** por fim, reúnem-se, nessa etapa, as conclusões obtidas a partir da experiência do desenvolvimento do Modelo, algumas limitações identificadas e proposições de trabalhos futuros.

No que tange à caracterização metodológica, de acordo Marconi e Lakatos (2006), este trabalho possui características de uma pesquisa bibliográfica, experimental e interdisciplinar: da primeira,

porque utiliza levantamento bibliográfico para basear o contexto e identificar a lacuna de pesquisa, bem como, a formulação do problema; da segunda, por aplicar levantamentos explicativos, avaliativos e interpretativos que objetivam a aplicação, modificação e/ou a mudança de alguma situação ou fenômeno, com enfoque nas relações de causa e efeito; da terceira, por abordar com bases teóricas de diferentes áreas e de maneira integrada um mesmo conjunto de fenômenos, objetivando a configuração de um objeto de pesquisa interdisciplinar.

Por fim, a apresentação do plano de pesquisa da Tese denota que o trabalho possui um planejamento prévio para o nortejar e, também, que a escolha de procedimentos metodológicos, a partir da literatura especializada, evita que se usem procedimentos de forma arbitrária e indevida.

1.9 Estrutura deste Trabalho

Este trabalho é organizado em cinco Capítulos: 'Introdução'; 'Fundamentação Teórica'; 'O Modelo de Sistema Baseado em Conhecimento para C,T&I'; 'Aplicação do Modelo para Construção do SBC' e 'Considerações Finais'. Cada um deles é apresentado como segue:

A Introdução provê uma visão geral de toda a tese, apresentando um breve contexto do problema e da formulação da questão de pesquisa, o Objetivo Geral e Objetivos Específicos que a norteiam e as contribuições esperadas; por fim, a sua relação com a Engenharia e Gestão do Conhecimento.

A Fundamentação Teórica apresenta os conceitos e princípios relacionados à problemática e ao Modelo proposto na tese, de maneira a formar a base teórico-metodológica necessária à sua caracterização. São tratados temas relativos à C,T&I, à Gestão do Conhecimento e Tomada de Decisão e à Engenharia do Conhecimento.

O Capítulo 'O Modelo de Sistema Baseado em Conhecimento para C,T&I' apresenta o modelo proposto, sua caracterização e construção e os resultados obtidos a partir da sua aplicação num caso de Gestão de C,T&I.

O Capítulo ‘Aplicação do Modelo para Construção do SBC’ expõe um *case* de aplicação do modelo pelo qual se demonstra como um SBC desenvolvido com base no Modelo proposto, produz o conhecimento para apoiar um processo de tomada de decisão em C,T&I.

Por fim, o capítulo Considerações Finais exhibe as reflexões obtidas a partir dos resultados do ponto de vista metodológico, das aplicações futuras e das contribuições para a Área de Engenharia e Gestão do Conhecimento.

A seguir, apresentamos um esquema do processo de desenvolvimento desta tese:

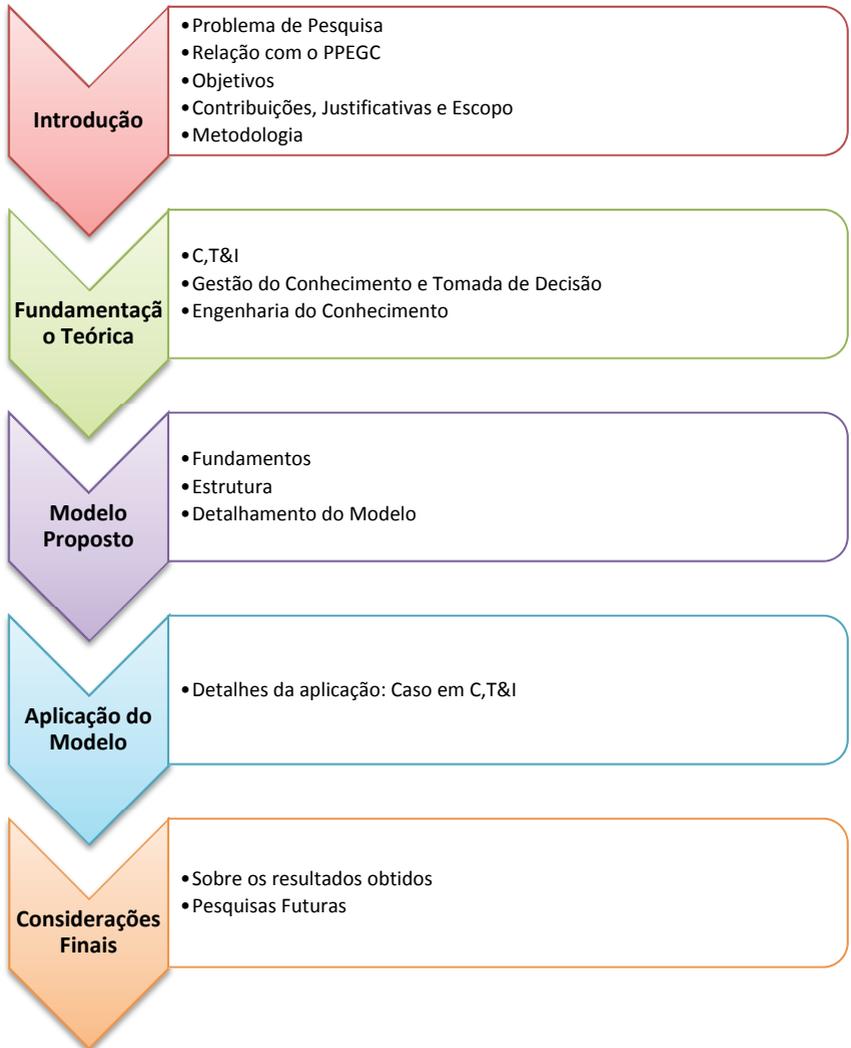


Figura 1 - Esquema da Estrutura do Trabalho

2 Fundamentação Teórica

Tendo em vista a complexidade da problemática apresentada na Introdução e, também, dos objetivos expostos, tornam-se necessários o aprofundamento e a discussão sobre os temas que envolvem o problema de pesquisa, objetivando uma abordagem analítica dos elementos que compõem o escopo desta tese.

Há outra necessidade teórica: é fundamental que se compreenda o contexto inerente ao Modelo proposto no Capítulo 3 – ‘O Modelo de Sistema Baseado em Conhecimento para C,T&I’ – a fim de que se possa explicar os conceitos, pressupostos e as razões do empreendimento na construção de um Sistema Baseado em Conhecimento para apoiar o processo de tomada de decisão em C,T&I. Desse modo, o Engenheiro de Conhecimento poderá reconhecer os elementos do ambiente com mais familiaridade do que se esse contexto não fosse considerado importante.

Este capítulo é iniciado com a apresentação de uma visão geral sobre C,T&I, realizando um resgate de princípios das políticas e diretrizes que passaram a orientar esse desenvolvimento, enfatizando aspectos associados à necessidade de mudanças nos mecanismos para gestão de ciência e tecnologia e, posteriormente, uma visão geral das políticas formadoras de Recursos Humanos para C,T&I. Em continuidade, é abordado, o assunto Gestão e Engenharia do Conhecimento, caracterizando os fundamentos sobre Gestão, tomada de decisão e Engenharia do Conhecimento que orientarão a criação do Modelo proposto.

2.1 Modelos de Ciência, Tecnologia e Inovação

Nesta seção, apresentar-se-ão modelos que procuram explicar a estrutura e funcionamento na Ciência, Tecnologia e Inovação, objetivando explorar a literatura em busca de elementos conceituais, estruturais e que norteiam as diversas atividades de Gestão no âmbito de C,T&I.

O papel do conhecimento sobre estes modelos em processos de criação de Sistemas Baseados em Conhecimento é o de dar contexto a tais sistemas; a compreensão de um cenário de tomada de decisão que será modelado na forma de processos em um SBC pode ser

orientada e, até, tornar-se mais objetiva quando o Engenheiro de Conhecimento possui um *background* teórico que viabilize o entendimento do que ele pretende abordar.

2.1.1 Modelos de Inovação

Nos termos do Manual de Oslo (OECD, 2005, p.45), a perspectiva sistêmica da inovação se insere num ambiente constituído pelos seguintes elementos:

- a) O sistema educacional básico para a população em geral: determina os padrões educacionais mínimos na força de trabalho e o mercado consumidor doméstico (influência na formação da cultura do conhecimento como insumo para a qualidade de vida);
- b) O sistema universitário;
- c) O sistema de treinamento técnico especializado (formação técnica);
- d) Base e infraestrutura para a realização da ciência e da pesquisa;
- e) Acesso a bases de dados de publicações, conhecimento tecnológico e padrões de gerenciamento (reservatórios de conhecimento codificado);
- f) Políticas de inovação e outras políticas governamentais que influenciam a inovação realizada pelas empresas;
- g) Ambiente legislativo e macroeconômico bem definido (marco regulatório de inovação, apoio legal para promover integração entre os atores do SNCTI, entre outros);
- h) Ambiente político e econômico favorável ao crescimento, de forma que as estruturas do setor produtivo possam crescer com base no fomento à inovação.

Nesse contexto, a inovação é definida pelo Manual (OECD, 2005, p.55) como a implementação de um produto (bem ou serviço) novo ou significativo, ou um processo, ou um novo método de marketing, ou um novo método organizacional nas práticas de negócios, na

organização do local de trabalho ou nas relações externas. São atividades de inovação, também consideradas, no contexto desta pesquisa, como atividades típicas de pesquisadores, as etapas científicas, tecnológicas, organizacionais, financeiras e comerciais que conduzem ou visam a condução da implementação de inovações. Algumas atividades não são, em si, inovadoras, ou não estão diretamente ligadas à inovação, mas se constituírem atividades de P&D, que possam vir a ser implementadas numa inovação específica, são consideradas como atividades de inovação.

Os modelos de inovação e aprendizado são classificados, de acordo com Viotti (2003), como Modelo Linear de Inovação, Modelo elo de Cadeia e o Modelo Sistêmico de Inovação. As diferentes visões sobre a inovação influenciam como os processos de mensuração são realizados, pois é a partir da lógica desses modelos que depende a organização dos indicadores e da sua capacidade de representar e mensurar os fenômenos em questão. Assim, o Modelo Linear era idealizado, como o próprio nome diz, numa seqüência linear das seguintes etapas: a) pesquisa básica; b) pesquisa aplicada; c) desenvolvimento experimental; d) produção; e) comercialização. O conceito de pesquisa básica era algo realizado com um objetivo qualquer, para descobrir novos conhecimentos, sem um compromisso com uma aplicação prática. Esse pressuposto, associado à lógica atraente do processo linear, fez com que se sustentasse a idéia de que a pesquisa básica é precursora do progresso tecnológico e, conseqüentemente, da inovação. Quanto mais insumos, mais resultados.

Ainda, segundo Viotti (2003), há duas críticas fundamentais para a adoção desse modelo: a primeira é que, as políticas inspiradas nesse modelo tendem a fomentar uma produção científica desproporcionalmente maior que a produção tecnológica, especialmente se os indicadores do avanço científico forem baseados, fundamentalmente, em métodos bibliométricos; a segunda é que, países em desenvolvimento têm menores chances de aproveitar o conhecimento de fronteira, gerado no âmbito da pesquisa e transformá-lo efetivamente em inovações.

O Modelo Elo de Cadeia (*chain-linked model*) pressupõe que a empresa está no centro do processo de inovação e que não é meramente uma compradora de tecnologias; ocorre a interação

entre o mercado e a empresa, e a pesquisa é uma atividade fortemente vinculada aos processos de inovação, possuindo o papel de criação ou ampliação dos conhecimentos existentes. A pesquisa está por todo o processo de inovação, resolvendo problemas localizados e não no início de tudo, como no Modelo Linear.

Uma crítica ao Modelo Elo de Cadeia, é a de que ele considera a organização de forma isolada, numa perspectiva centrada em si mesma. Assim, uma resposta a essa crítica é o Modelo Sistêmico de Inovação, pois ele chama à observação de que as organizações inovam num contexto situado em meio a uma realidade econômica, de competição de mercado, numa rede de relações diretas e indiretas com outras empresas, infraestrutura de pesquisa, de conhecimento e de legislação.

O modelo, idealizado pela Oecd (1999, p.23), é organizado na forma que segue:

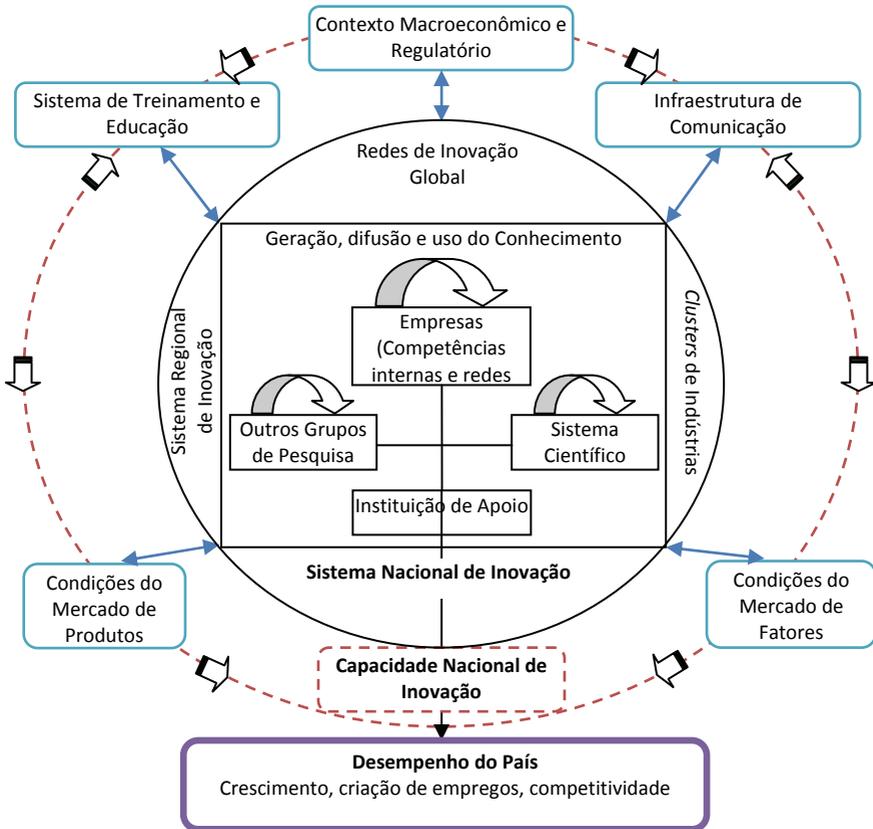


Figura 2 – Managing National Innovation Systems – Fonte: Oecd (1999)

Os fenômenos no Modelo Sistêmico de Inovação levam em conta, de forma simultânea, as relações entre os atores do SNCTI (universidades e seu papel na formação de RH para C,T&I e na produção de conhecimento; institutos de pesquisa) do Governo e seu papel no desenvolvimento de políticas para C,T&I e na formação do seu marco regulatório; na participação do setor produtivo com a absorção de processos do desenvolvimento da inovação, por meio de mudanças organizacionais, aproveitamento de recursos humanos e de políticas de fomento para C,T&I.

O quadro a seguir, elaborado por Viotti (2003, p.63), apresenta as principais diferenças entre os modelos de inovação:

MODELO	LINEAR	ELO DE CADEIA	SISTÊMICO
AGENTE PRINCIPAL	Instituições de Pesquisa ou Laboratórios	Empresas	Empresas em interação com instituições do Sistema de Inovação
NATUREZA DO PROCESSO DE INOVAÇÃO	Inovação como um fenômeno ocasional.	Inovação como um processo contínuo e interativo (inovação incremental).	Inovação como um processo social e sistêmico.
POSIÇÃO RELATIVA DA PESQUISA	A pesquisa precede a Inovação; gera as invenções e estas são transformadas em inovações.	A pesquisa não é vista como fonte de idéias inventivas, mas como uma forma de resolver problemas surgidos em qualquer uma das etapas do desenvolvimento da inovação.	A pesquisa é apenas uma atividade em um conjunto maior de determinantes da inovação, no qual se destacam as interações entre as interfaces e vários atores e instituições, assim como o funcionamento do sistema como um todo, em vez do desempenho de seus componentes individuais.
RELAÇÃO ENTRE ELEMENTOS DA MUDANÇA TÉCNICA	Invenção ↓ Inovação ↓ Difusão ↓ Inovação Incremental —	Invenção ↓ Inovação ↓ Difusão ↓ Inovação Incremental	↓↑ ↓↑ ↓↑ ↓↑
NATUREZA DA TECNOLOGIA	Codificável	Codificável e Tácita	
RELAÇÃO DA FIRMA COM A TECNOLOGIA	Consumidora de Tecnologia	Produtora e Absorvedora de Tecnologia	
INDICADORES DE INOVAÇÃO TÍPICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Dispendícios em P&D • Patentes 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Surveys</i> de Inovação 	<ul style="list-style-type: none"> • Indicadores de Fluxo de Conhecimento • Mapeamentos Institucionais • A integração desses com vários tipos de indicadores, inclusive os de natureza sócioeconômica

Quadro 1 - Modelos de Inovação: Principais características e indicadores típicos, elaborado por Viotti (2003, p.63)

Segundo o autor, os indicadores de C,T&I, associados ao modelo sistêmico identificam as características de funcionamento dos componentes do sistema e, em especial, as suas deficiências – as chamadas falhas sistêmicas, cuja superação deve ser objeto das políticas públicas e estratégias empresariais. Assim, ainda em conformidade com o autor, os esforços atuais de desenvolvimento e sistematização de indicadores, em consonância com o modelo sistêmico, estão centrados na mensuração dos fluxos de recursos humanos, informações e conhecimentos (codificados ou tácitos), como no mapeamento institucional dos sistemas nacionais de inovação e no comportamento inovador de suas empresas.

2.1.2 Os Modos de Produção do Conhecimento

Um modelo muito citado na literatura é o de Gibbons, Limoges *et al.* (1994), o qual apresenta um estudo de natureza teórica sobre a produção do conhecimento, distinguindo-a em dois modos: o Modo 1 ou Tradicional e o Modo 2 ou Socialmente Distribuído.

Na visão dos autores, um novo modo de produção de conhecimento estava emergindo, reconfigurando a forma na qual o conhecimento é produzido, o seu contexto, sua organização e os mecanismos de controle de qualidade do que é produzido. No Modo 2, a produção do conhecimento ocorre pela interação de vários atores de diferentes áreas de forma colaborativa, em contextos em que os problemas não têm a forma disciplinar, entre diferentes tipos de instituição (e não somente em universidades). De acordo com Gibbons, Limoges *et al.* (1994), esse Modo de produção também se caracteriza pelos seguintes fenômenos:

- O aumento da diversidade de locais de atividade de pesquisa;
- Crescente foco na solução de problemas, ao invés de desenvolvimento de técnicas e modelos;
- Predominância de trabalho colaborativo e de equipes multidisciplinares;
- A disseminação de publicações ocorre em meios não convencionais de publicação;

- O conhecimento produzido é altamente contextualizado, em função do trabalho colaborativo e do foco na solução de problemas;

As características desses fenômenos definem, de acordo com Gibbons, Limoges *et al.* (1994), a “natureza socialmente distribuída” do Modo 2, consubstanciada nas pessoas e nos meios que estão interagindo em formas organizadas socialmente. A seguir, um quadro com as principais características dessa visão apresentada pelos autores: Estas afirmações são coerentes com a natureza do Modo 2, como pode ser observado pelo exame das características do Modo 1 e Modo 2 no quadro que segue:

	Tradicional (Modo 1)	Socialmente distribuído (Modo 2)
Local de produção do conhecimento	“Instituições com paredes”, principalmente universidades.	Redes de colaboração entre instituições de naturezas diversas.
Agenda de pesquisa	Agendas definidas por pesquisadores internos e em função do desenvolvimento de suas disciplinas	Agendas definidas no contexto de aplicação
Tipos de pesquisa	Básica (conhecer para entender) vs. Aplicada (conhecer para utilizar)	Solução de problemas de um determinado contexto
Enfoque	Disciplinar	“Transdisciplinar”
Relação entre produtores e usuários do conhecimento	Transferência unidirecional “a posteriori” do conhecimento e tecnologias	Troca permanente de conhecimentos e tecnologias
Crítérios de Avaliação	Mérito Científico (avaliado pelos pares)	Mérito científico + relevância social (definida pelo contexto de aplicação)
Meios de disseminação	Revista Científica	Múltiplos meio
Financiamento	Recursos públicos	Diversas fontes (públicas e privadas)
Gestão das atividades em C,T&I	Planejamento Centralizado baseado em oferta	Criação de espaços de colaboração
Abordagem aos Problemas de pesquisa	São definidos e resolvidos num contexto governado por um ambiente acadêmico	São definidos e resolvidos em ambientes heterogêneos

Quadro 2 - Características dos Modos de Produção do Conhecimento adaptado de Pellegrini Filho (2004, p.345)

Para Gibbons, Limoges *et al.* (1994, p.3), o Modo 1 é idêntico ao que se entende por ciência. Suas normas sociais e cognitivas determinam o que são considerados problemas relevantes; quem está apto para praticar a ciência e o que constitui a boa ciência. Formas de prática que aderem a estas regras são definidas como científicas, enquanto aquelas que as violam não o são, o que não significa que no Modo 2 os processos não se comportem de acordo com o método científico, mas o que ocorre é que há evidências empíricas suficientes para indicar que há um conjunto distinto de práticas sociais e cognitivas e essas práticas são diferentes das que governam o Modo 1. Os autores ressaltam que a diferença essencial entre o Modo 1 e o Modo 2 está nos mecanismos por meio dos quais se avalia a qualidade; no Modo 1, o principal 'output' são as publicações e a qualidade é essencialmente julgada com base nas contribuições dos indivíduos; para o Modo 2, há outros *outputs* envolvidos no processo de avaliação, como, por exemplo: a aplicação dos resultados da pesquisa, os impactos econômicos oriundos da aplicação, os níveis de colaboração e transferência de conhecimento.

Nowotny, Scott *et al.* (2003, p.180) afirmam que a dificuldade de “descrever e defender, no discurso acadêmico tradicional (Modo 1), idéias que tentam analisar como aquele discurso está sendo superado (Modo 2)” é constante, pelo fato de que o Modo 2 de produção do conhecimento não é somente um conceito aberto à exploração por terceiros; é, também, um projeto, um exemplo de distribuição social do conhecimento. Neste sentido, considerar um modelo simplista, como citado anteriormente, pode sugerir, *à priori*, duas possibilidades: que o modelo em questão é realmente simplista, porque desconsidera a complexidade dos fenômenos envolvidos ou, que o discurso no qual ele está inserido não é suficientemente estruturado para evidenciar todas suas características.

Nowotny, Scott *et al.* (2003) afirmam que a natureza do processo de pesquisa está em transformação e destacam três principais tendências nesta transformação: (a) orientação das prioridades de pesquisa, referente a políticas e incentivos definidos em âmbito governamental, com seus alinhamentos sociais e econômicos; (b) a 'mercantilização' da pesquisa, relacionada com diversificação das formas de financiamento de pesquisa, de origem

pública e privada, e o interesse econômico pelos seus produtos; e (c) a crescente ênfase na gestão da pesquisa, em particular, sobre a avaliação de sua eficácia e qualidade. Todas estas tendências, por sua vez, têm dado origem a novos discursos da ciência e da pesquisa. Os autores citam, como exemplo, a Grã-Bretanha, onde o conhecimento produzido é visto não mais como um bem público, mas sim como "propriedade intelectual", produzido, acumulado e comercializado como outros bens e serviços na sociedade do conhecimento.

Nowotny, Scott *et al.* (2003, p.191) apresentam diversos argumentos que sustentam o Modo 2 como uma nova forma de produção do conhecimento e não como um fenômeno secundário ou colateral, entre os quais destacamos dois: o primeiro é o de que a dimensão "transdisciplinar" do Modo 2 pode gerar uma contribuição fundamental para o desenvolvimento, não só de metodologias, mas de novos conceitos e teorias. A dificuldade de reconhecer esta contribuição provavelmente surgiu do fato de que aquelas contribuições não foram codificadas ou embutidas em produtos de pesquisas tradicionais, como artigos de periódicos. O segundo argumento é o de que o conhecimento produzido pela pesquisa científica tradicional também precisa ser "socialmente robusto", ou seja, sua validade é definida no âmbito das comunidades no qual este conhecimento é aplicado, especialmente em contexto de inovação tecnológica.

Segundo Houghton, Steele *et al.* (2003), as atuais infra-estruturas de pesquisa de informação têm evoluído ao longo dos anos, durante os quais o Modo 1 tem sido a forma predominante de produção do conhecimento e, em virtude disso, a infra-estrutura em muitas instituições é mais bem adaptada à modalidade tradicional de produção do que ao novo modo de produção de conhecimento. Além da infra-estrutura, os atores que integram o Modo 1 possuem lógicas de fazer e pensar que envolvem métodos, conceitos e contextos apropriados a este modo de produção do conhecimento.

Nowotny, Scott *et al.* (2003, p.187) afirmam que a pesquisa Modo 2 demanda novas formas de controle de qualidade e isto se dá por três razões: primeiramente, os 'pares' científicos não podem mais ser identificados com clareza, porque não há, neste modo de produção, uma taxonomia estável de disciplinas nas quais os pares

podem ser enquadrados; segundo, formas tradicionais de controle de qualidade não são facilmente aplicáveis; terceiro, definir critérios de qualidade para o Modo 2 é algo complexo, em função dos múltiplos entendimentos sobre qualidade por parte dos componentes de uma equipe transdisciplinar.

2.1.3 Críticas aos Modos de Produção do Conhecimento

Os modos de produção do conhecimento de Gibbons, Limoges *et al.* (1994) são muito citados na literatura sobre Ciência, Tecnologia e Inovação, especialmente como referencial que os distingue de outros modelos de produção do conhecimento; no entanto, há de se destacarem os seguintes aspectos:

- O enfoque 'transdisciplinar': examinando o conceito de transdisciplinaridade, proposto por Gibbons, Limoges *et al.* (1994), verifica-se um problema conceitual, pois a referência a várias disciplinas integradas que ele apresenta, em sua obra, reporta-se, no máximo, ao conceito de multidisciplinaridade;
- A dicotomia entre os Modos de produção do Conhecimento não é tão clara quanto pode sugerir o quadro das características do Modo 1 e do Modo 2; o que ocorre é a mesclagem de características dos dois Modos, ou seja, o fazer científico pode incorporar características, em maior ou menor grau, de ambos os Modos de Produção do Conhecimento.

A abordagem e a solução de problemas complexos requerem a conjunção de diferentes saberes, mesclando características de ambos os Modos de Produção do Conhecimento às práticas da Ciência e da Inovação.

2.1.4 As Redes de Pesquisa e a Colaboração Científica

Um dos fenômenos característicos do fazer científico é a colaboração entre os pesquisadores. Discutir o conceito de colaboração científica pode parecer, em princípio, menos

importante, em virtude do senso comum em torno desta idéia. Porém, a literatura apresenta diversos estudos sobre a colaboração científica, com o objetivo de compreender sua natureza, formas de mensuração, fatores que a motivam e estudando aspectos relacionados aos processos de gestão das atividades em C,T&I que ocorrem por meio da colaboração de pesquisadores.

De acordo com Katz e Martin (1997), é difícil definir o conceito de colaboração, em função da variedade das formas que ela pode assumir, dependendo da dimensão institucional em que ocorre e, também, pela constatação de que há poucas tentativas de analisar a questão sobre o que constitui a pesquisa colaborativa. Em primeira análise, o significado sobre o conceito de colaboração pode parecer óbvio, em virtude do sentido próprio do termo, mas nesta pesquisa 'colaboração' é um conceito central, portanto, torna-se devido e apropriado a elaboração do mesmo. A seguir, enumeram-se as seguintes razões para o fazer:

- A colaboração é uma característica importante nas práticas de C,T&I, decorrendo daí a necessidade de um conceito suficientemente estruturado, sem o qual não se pode defini-la com clareza;
- A existência de critérios que caracterizem o trabalho colaborativo são referenciais importantes para a demarcação deste conceito e discussões correlatas;

De acordo com Balancieri, Bovo *et al.* (2005), a colaboração é, de forma geral, um empreendimento cooperativo que envolve metas comuns, esforço coordenado e resultados ou produtos, por meio dos quais os colaboradores compartilham a responsabilidade e o crédito. Esta definição pode ser situada entre o que Katz e Martin (1997) denominam como 'conceito fraco' e 'conceito forte' de colaboração, definidos a seguir:

- Conceito Fraco : A pesquisa colaborativa poderia ser definida como o trabalho conjunto de pesquisadores para atingir um objetivo comum a fim de produzir novo conhecimento científico;
- Conceito Forte: É o trabalho conjunto de cientistas que colaboraram diretamente para todas as

principais tarefas do projeto de pesquisa durante o seu período de duração, objetivando o desenvolvimento de conhecimento científico.

O primeiro conceito é definido de forma abrangente e não evidencia o grau de participação de cada pesquisador no trabalho. O segundo conceito é análogo ao primeiro, mas delimita a colaboração somente aos integrantes que efetivamente participarem de todas as atividades do projeto. Katz e Martin (1997) reconhecem que o 'conceito forte' é uma situação extrema e, em termos práticos, seria pouco provável. Participar de todas as etapas de um projeto poderia demandar, do pesquisador, a formação ou competências em todos os âmbitos das tarefas com as quais ele estiver relacionado, o que seria, também, um provável indicador de ingerência no projeto, uma vez que a colaboração na pesquisa deve pressupor a divisão integrada de tarefas entre especialistas com diferentes competências, objetivando a soma de esforços e o alcance de objetivos complexos.

A natureza da colaboração, em conformidade com Katz e Martin (1997), é complexa e dependente de diversos fatores e pode tomar variadas formas, desde o oferecimento de conselhos ou insights até a participação ativa numa parte específica da pesquisa. Ainda, segundo os atores, o teor destas contribuições varia em nível, de quase insignificante a muito substancial. Algumas vezes, o pesquisador é visto como colaborador e listado como co-autor numa publicação simplesmente em virtude de fornecer material ou executar uma rotina de ensaio. Em outras, um pesquisador de outra instituição pode realizar o compartilhamento de dados ou recursos (ex. equipamentos ou softwares especializados), complementando e executando partes específicas do projeto e integrando os resultados.

De acordo com os autores, há vários fatores que motivam ou contribuem para a colaboração, entre os quais se pode citar:

- Mudanças nos padrões de financiamento da pesquisa;
- Requisitos de instrumentalização mais complexos e em maior escala;
- O avanço das disciplinas científicas, o que requer mais e mais conhecimento, a fim de se realizar avanços significativos, demanda que só pode ser

atendido no agrupamento de pessoas com diferentes experiências;

- Desejo pessoal dos pesquisadores para aumentar sua experiência em pesquisa, obter popularidade científica e reconhecimento formal, perante às agências de fomento;
- A proximidade geográfica e a comunicação informal;

Além destes fatores, acrescentam-se os seguintes:

- A necessidade de abordar problemas de natureza interdisciplinar, o que requer a integração e contribuição de pesquisadores de diferentes áreas;
- O crescente aumento do fomento da inovação tecnológica que demanda a integração entre empresas e universidades, abordando problemas específicos.
- A possibilidade de compartilhar e transferir conhecimentos, habilidades e técnicas que, provavelmente, requisitam muito tempo e recursos para serem desenvolvidos num contexto isolado de pesquisa.

A definição de critérios para demarcar a colaboração permite visualizar pelo menos duas perspectivas de trabalho: a primeira, relativa à possibilidade de se desenvolver novas formas para medição do desempenho de um pesquisador no contexto de atuação colaborativa; a segunda, relativa a estudos ou discussões sobre a natureza da colaboração.

Relativamente à primeira perspectiva, a principal motivação, para a busca de novas formas de se medir o desempenho de um pesquisador, é o fato, constatado por Katz e Martin (1997), de que, por décadas, as publicações em múltipla autoria têm sido utilizadas como unidades de medida básica na mensuração da atividade colaborativa. A análise da literatura nos permite constatar que muitos autores sustentam o pressuposto de que é possível estabelecer medidas de colaboração a partir das publicações em múltipla autoria, mas os autores defendem que é preciso observar que este parâmetro requer a observação das seguintes limitações:

- É preciso conhecer os tipos de relacionamento e as atividades de todas as pessoas envolvidas, para se ter uma aproximação do montante de esforços empreendidos em cada papel do grupo;
- A natureza precisa e a magnitude da colaboração não podem ser facilmente determinadas por meio de métodos tradicionais de observação, como entrevistas ou questionários, porque são suscetíveis de mudar no decurso do projeto de pesquisa;
- Há um consenso geral de que o crescimento das publicações em múltipla autoria é uma evidência da colaboração, o que é demonstrado em alguns estudos de áreas específicas, mas, de acordo com Katz e Martin (1997), esse crescimento é interpretado como aumento da colaboração de uma forma generalizada;
- O pressuposto de que múltipla autoria é um sinônimo de colaboração deve ser observado com o reconhecimento de que nem todos os nomeados no artigo são, necessariamente, responsáveis pelo trabalho ou devem compartilhar o crédito que lhe é atribuído, conforme Katz e Martin (1997, p.3);
- Há mais de 30 anos o fenômeno da pesquisa colaborativa é abordado, fato constatado por Katz e Martin (1997), e, em muitos deles, a colaboração é simplesmente equiparada com artigos de múltipla autoria;
- Ainda em conformidade com os autores, a colaboração ocorre em diferentes níveis e, em cada nível, ela possui características particulares, o que demanda uma definição prévia dos tipos de colaboração (ex: institucional, grupos de pesquisa, pesquisadores);
- Os fenômenos que definem o grau de contribuição dos atores envolvidos no processo colaborativo não são detectáveis pela abordagem bibliométrica. Isso requer a criação de meios apropriados para identificar estes fenômenos, especialmente no

contexto do Modo 2 de produção do conhecimento.

Diante da variedade de possibilidades na caracterização da colaboração, Katz e Martin (1997, p.11) propõem um conjunto de critérios que possibilitam a definição de um limiar para delimitar a colaboração:

- a) Aqueles que trabalham, em conjunto, no projeto de pesquisa durante toda a sua duração, ou a maior parte dela, ou quem faz freqüentes e substanciais contribuições;
- b) Aqueles, cujos nomes aparecem na proposta original de pesquisa;
- c) Responsáveis por um ou mais dos principais elementos da pesquisa (ex: projeto do experimento; construção do equipamento da pesquisa; análise e interpretação de dados; redação de resultados);
- d) Responsáveis por uma etapa chave (ex: definição de hipóteses ou do problema original da pesquisa);
- e) Proponente original da pesquisa ou financiador, mesmo que sua contribuição seja a gerência do projeto e não a pesquisa em si.

Esta questão é especialmente crítica no momento em que o tomador de decisão em C,T&I tem de lidar com cenários nos quais a colaboração é algo fundamental para que as ações de planejamento funcionem como esperado e, para ilustrar, por meio de um exemplo, poderíamos considerar a seguinte situação: Como verificar se os recursos investidos na formação dos INCT (Institutos Nacionais de Ciência e Tecnologia) estão resultando na efetiva ação conjunta e articulada entre os grupos de pesquisa integrantes ou se as ações realizadas, por seus componentes, não refletem a finalidade para a qual os INCTs foram criados?

Observa-se que para o desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento, novamente, encontramos a necessidade de conhecer essas estruturas que definem contexto e propósito na sua criação.

2.1.5 Sistemas de Indicadores para avaliação: o exemplo da Royal Society of Engineering

Nesta seção, é apresentada uma revisão sobre excelência em pesquisa na área das Engenharias, de modo a formar uma concepção composta por definições e conceitos, critérios e indicadores utilizados nesta área.

O conceito de excelência na pesquisa em Engenharia está associado ao pressuposto de que a aplicação do conhecimento científico, por meio das tecnologias, é fundamental para o aumento da riqueza e da qualidade de vida e envolve diferentes comunidades, como empresas, órgãos governamentais, universidades e outros organismos interessados. Estes grupos contam com os resultados da pesquisa em engenharia e por esta razão a capacidade de aplicação daquele conhecimento é um pré-requisito à excelência em pesquisa na engenharia.

Com base no estudo realizado pela Royal Academy of Engineering (2000, p.8), para indicar critérios bem sucedidos de avaliação da excelência em pesquisa na engenharia, é preciso observar os seguintes itens:

- Práticas atuais de avaliação por agências de pesquisa;
- Estudos recentes de natureza bibliométrica e outros tipos de estudos correlatos, como relatórios e outros documentos;
- As diferenças entre pesquisa em engenharia e a pesquisa em outras áreas;
- As diferenças entre os diferentes campos da engenharia;
- A necessidade de dados que possam ser mensuráveis e comparáveis
- As necessidades de outras partes envolvidas nos processos de pesquisa em Engenharia, como, por exemplo, empresas e indústrias.

Assim, iniciou-se um processo de revisão dos métodos de avaliação da pesquisa em Engenharia, objetivando, fundamentalmente, a adequação destes métodos para a realidade da pesquisa Modo 2, observando-se os seguintes aspectos: a) delimitar

com mais consistência os diferentes tipos de engenharia; b) reconhecimento da exploração dos resultados de pesquisas particularmente onde haja parceiros do setor industrial; c) perfilar as diferenças entre os *outputs* da pesquisa científica e da pesquisa em engenharia e d) considerar as contribuições que a pesquisa em engenharia oferece para o desenvolvimento de produtos e processos inovadores.

A partir destas diretrizes, a equipe de trabalho sintetizou as características do processo de pesquisa na forma do quadro abaixo e, após, apresentou a definição para cada dimensão do processo de pesquisa:

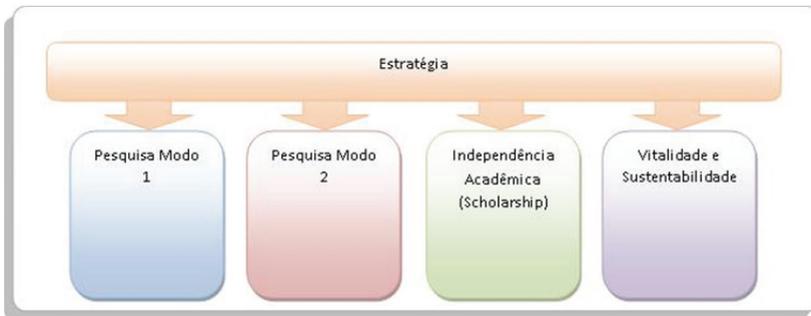


Figura 3 - Dimens\u00f5es da Excel\u00eancia no Processo de Pesquisa, elaboradas no estudo da Royal Academy of Engineering (2000, p.12)

- a) Estrat\u00e9gia: esta dimens\u00e3o \u00e9 caracterizada por dois aspectos: 1) escopo e foco definidos para as atividades de pesquisa; o planejamento estrat\u00e9gico e o gerenciamento de recursos determinam o eventual impacto da pesquisa e como o trabalho ser\u00e1 dirigido \u00e0s comunidades interessadas e 2) a orienta\u00e7\u00e3o para desenvolver excel\u00eancia nas suas outras quatro dimens\u00f5es em pesquisa na engenharia;
- b) Pesquisa Modo 1: objetiva a cria\u00e7\u00e3o de novo conhecimento cient\u00edfico para apoiar os processos de inova\u00e7\u00e3o na engenharia. O desenvolvimento do conhecimento tem as caracter\u00edsticas definidas por Gibbons, Limoges *et al.* (1994), citadas \u00e0 p\u00e1gina 42. Neste estudo, os autores afirmam que pa\u00edses cuja

- produção Modo 1 é deficiente ou fraca dificilmente produzirão inovações radicais;
- c) Pesquisa Modo 2: é a pesquisa que repercute na sociedade, configurando o aumento do potencial de geração de riqueza e acréscimo da qualidade de vida por meio da aplicação do conhecimento no contexto de onde ele é desenvolvido, envolvendo comunidades acadêmicas e não-acadêmicas.
 - d) Independência na pesquisa (*Scholarship*): é a independência política e financeira exercida na pesquisa, tanto no Modo 1 quanto no Modo 2. A manutenção dos resultados do que se denomina como potencial de geração de riqueza e bem estar social dependem de processos que garantam que os investimentos (fomento) à pesquisa sejam orientados para este fim, minimizando o viés político e econômico que beneficie apenas comunidades com interesses específicos, em detrimento daquelas pelas quais se desenvolvem novos conhecimentos, tanto no Modo 1, quanto no Modo 2. Estes processos são identificados por meio de regulamentações e padrões éticos que definam a forma dos investimentos, quem participa, a origem dos recursos, a forma de utilização dos resultados produzidos pelas pesquisas, entre outros tipos de diretrizes;
 - e) Vitalidade e Sustentabilidade: a vitalidade de um grupo de pesquisa é uma função do tamanho e força do grupo, da qualidade dos pesquisadores, da atividade interdisciplinar, da infraestrutura (equipamentos, suporte administrativo e técnico) que suporta o grupo, da capacidade colaborativa (envolvimento em redes com outras instituições). A sustentabilidade requer o desenvolvimento e a manutenção de habilidades que suportem o aprendizado continuado e a participação em atividades associadas à difusão do conhecimento, o que inclui capacitação para pesquisa. Inclui, também, a estabilidade do quadro de pesquisadores, que é um

requisito para que o foco das pesquisas, especialmente as de longo termo, não se perca, levando consigo a manutenção de padrões de excelência.

Estas cinco dimensões de análise orientam como são aplicados os diferentes indicadores no processo de avaliação da pesquisa em Engenharia, como é ilustrado no quadro a seguir:

	CARACTERÍSTICAS				
	Pesquisa Modo 1	Pesquisa Modo 2	Independência Acadêmica (Scholarship)	Vitalidade e Sustentabilidade	Estratégia
Publicações	✓✓✓	✓	✓✓		✓✓✓
Reconhecimento pelos Pares	✓✓✓	✓✓✓	✓✓		✓✓✓
Consultorias		✓✓✓	✓✓		✓✓✓
Evidências de parcerias e de atividades de apoio e suporte à indústria		✓✓✓		✓✓✓	✓✓✓
Patentes e resultados práticos de pesquisas		✓✓✓			✓✓✓
Indicadores independentes			✓✓✓		✓✓✓
Indicadores de Capacidade de Suporte				✓✓✓	✓✓✓
Indicadores de Envolvimento com a Sociedade				✓✓✓	✓✓✓
Indicadores de Programa Estratégico e Planejamento de Recursos	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓	✓✓✓

✓✓✓ - Altamente adequado

✓✓ - Bastante adequado

✓ - Possivelmente adequado

Quadro 3 – Adequação das Medidas às Características do Processo de Pesquisa elaborado pela Royal Academy of Engineering (2000, p.17)

Cada medida, no Quadro 3, tem um conjunto de indicadores que podem ser utilizados para a implementar; a escolha dos indicadores deve ser adequada aos tipos de *outputs* da pesquisa em avaliação. O quadro a seguir apresenta alguns indicadores que podem ser usados na composição de cada medida:

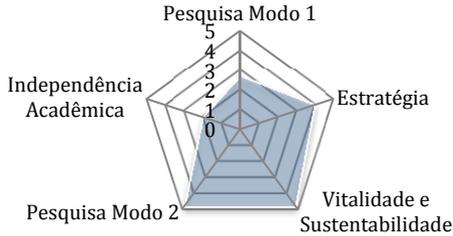
Medida	Indicadores que podem ser utilizados
Publicações	Artigos Científicos, Publicações em Eventos, Relatórios Publicados (científicos ou não)
Reconhecimento pelos Pares	Reconhecimento por profissionais da área, como premiações internacionais, premiações institucionais (acadêmicas, governamentais ou de âmbito privado)
Consultoria	Vinculação a Comitês Consultivos, Consultorias para o Governo e Empresas, vinculação a Instituições de definição de padrões
Evidências de parcerias e de atividades de apoio e suporte à indústria	Parcerias, em colaboração com outras organizações (em quantidade ou investimentos), ex: convênios, participação em programas e projetos, arranjos produtivos locais, entre outros
Patentes e resultados práticos de pesquisas	Produção de patentes, processos inovadores, surgimento de <i>spin-offs</i>
Indicadores independentes	Prêmios por pesquisas sem financiamento privado
Indicadores de Capacidade de Suporte	Número de pesquisadores capacitados e de doutorandos, experiência da equipe, número de pesquisadores permanentes, atividades de orientação, qualidade da infraestrutura, competências da equipe
Indicadores de Envolvimento com a Sociedade	Número de componentes de equipe vinculados em atividades de comunicação social e com instituições ligadas ao público ou sociedade.
Indicadores de Programa Estratégico e Planejamento de Recursos	Evidências de uso consistente e eficiente de instrumentos de planejamento e gestão.

Quadro 4 - Medidas e Indicadores para mensuração - Royal Academy of Engineering (2000, p.27)

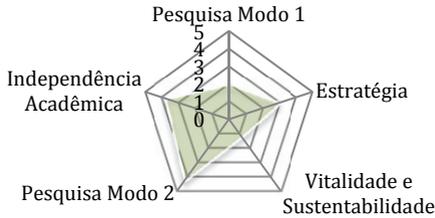
A implementação do processo de avaliação de grupos de pesquisa, segundo a Rae (2000), deve observar os seguintes elementos: a) identificar sua estratégia, o que inclui um pequeno texto que identifica sua missão, valores, comunidades usuárias; b) as medidas de qualidade devem ser elaboradas, usando os indicadores mais adequados às comunidades usuárias, identificados pelo grupo de pesquisa; c) a avaliação é feita usando medidas quantitativas e qualitativas; d) estas medidas devem ser empregadas para avaliar os objetivos do grupo numa escala internacional, no contexto das cinco características de excelência.

Um recurso gráfico para ilustrar as características marcantes de um contexto de avaliação é o gráfico do tipo 'radar'. Ele permite visualizar a força de cada dimensão no contexto de pesquisa em avaliação, o que pode ser observado pelos seguintes exemplos de perfis de pesquisa:

Inovação Sustentável



Independência na Pesquisa com Impacto Social



Pesquisa Científica de Base

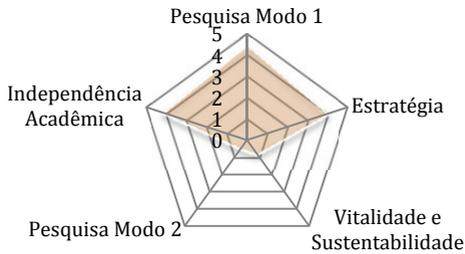


Figura 4 - Perfis de excelência em Pesquisa na Engenharia, adaptados do trabalho da Royal Academy of Engineering (2000)

Um aspecto central deste processo de revisão dos métodos: o reconhecimento da natureza e das características dos diferentes Modos de produção do conhecimento para a produção de processos adequados a sua avaliação ou, em outras palavras, busca pela adequação dos métodos de avaliação da pesquisa em conformidade com a sua natureza, focando as características relevantes, de acordo com o Modo de produção do conhecimento em questão.

Uma das conclusões deste estudo é a de que outros países também estão dedicando mais atenção ao problema de como medir a qualidade da pesquisa quando uma proporção significativa dos *outputs* não pode ser reduzida a artigos científicos, e isto é seguido do reconhecimento de que a pesquisa em engenharia e nas ciências aplicadas demanda métodos de avaliação da qualidade que diferem daqueles, tradicionalmente, usados na avaliação das ciências puras.

2.2 Motivação da Gestão em Ciência, Tecnologia e Inovação: uma breve contextualização

No ano de 2001, foi iniciado o ciclo da II Conferência Nacional da Ciência, Tecnologia e Inovação. Naquela ocasião, a Conferência, que envolveu o governo, a comunidade científica e o setor produtivo, objetivou o estabelecimento de compromissos entre os atores integrantes do âmbito de Ciência, Tecnologia e Inovação (C,T&I), no sentido de consolidar estes segmentos de atuação.

Aquele período foi um marco importante para o desenvolvimento científico, tecnológico e, fundamentalmente, de inovação para o Brasil, especialmente em função do fato de que a comunidade acadêmica, o governo e o setor produtivo estavam prontos para propor um debate em nível nacional e com perspectivas de longo prazo, em torno das questões do desenvolvimento socioeconômico, baseado na formação de competências para ciência e tecnologia, na realização de pesquisa e desenvolvimento e, principalmente, de inovação.

Ações relevantes para a estrutura de C,T&I, no Brasil, foram realizadas, tais como: a criação do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) e o projeto da Lei de Inovação, que estava em fase de elaboração. Participaram, daquelas discussões, representantes das diversas áreas do conhecimento, cada qual

estabelecendo perspectivas de futuro para suas áreas e, também, formando um cenário do presente e do futuro para C,T&I no Brasil.

A percepção de que a sustentação dos esforços em C,T&I são imprescindíveis para o desenvolvimento socioeconômico era um fato comum à maioria dos atores da comunidade acadêmica, do setor produtivo e do governo. Nesse sentido, a aceleração coordenada da produção do conhecimento e da inovação constituía-se (e ainda se constitui) um fator essencial para que aquela percepção se transformasse na constatação de que a vocação da C,T&I é ser um agente efetivo no crescimento socioeconômico.

Esta perspectiva não era pontual ou emergiu por ocasião da elaboração do Livro Verde de Ciência, Tecnologia e Inovação; países desenvolvidos e um grupo cada vez maior de países em desenvolvimento têm colocado a produção de conhecimento e a inovação tecnológica no centro de sua política de desenvolvimento, conforme Silva e Melo (2001).

Ainda em conformidade com Silva e Melo (2001), durante meio século, o Brasil investiu num sistema de pesquisa e, depois, de pós-graduação que já alcançou dimensões respeitáveis, no entanto, este sistema se ergueu sobre um alicerce pouco sólido, e isto é demonstrado por dois indicadores da época: o baixo crescimento da escolaridade do brasileiro entre 1981 e 1999, sendo, o Estado responsável por cerca de dois terços dos investimentos em P&D no país, o que reflete a baixa participação das empresas neste tipo de investimento, se comparada com países da Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), que, em 1998 foram responsáveis por cerca de 70% do total de gastos em P&D.

O destaque para estes indicadores é justificado por duas razões:

Primeiramente, pelo fato de que a transformação do conhecimento em riqueza se dá, de forma preponderante, pela ação inovadora de empresas, e a história de países desenvolvidos mostra o papel fundamental das empresas na construção da riqueza desses países e de um sistema de inovação consistente. Um exemplo citado por Cruz (2002, p.99) é o fato de que países como a Austrália, Japão, Alemanha, entre outros, apoiam a empresa vocacionada à pesquisa e ao desenvolvimento tecnológico, em virtude do fator multiplicativo que este tipo de investimento proporciona.

Em segundo lugar, a escolaridade, neste contexto, está relacionada à capacitação da população em aproveitar a C,T&I de forma otimizada, tornando real o significado do termo 'sociedade do conhecimento' e isto tem relação com a predominância de investimentos do Estado em P&D: o setor produtivo deve tornar-se um participante mais expressivo no esforço de P&D no país.

Naquele momento da Ciência e Tecnologia do Brasil, as transformações sociais recentemente operadas pela franca expansão de tecnologias de informação e comunicação, o crescimento da capacitação de docentes e pesquisadores nas universidades e a recente criação dos Fundos Setoriais de C&T, eram alguns dos elementos que motivavam o debate em torno dos métodos de gestão em C,T&I.

A expectativa sobre o papel da Ciência e Tecnologia como um efetivo agente do crescimento socioeconômico demandava a observação das seguintes diretrizes:

- O crescente esforço na qualificação de pessoas para C&T;
- O desenvolvimento de mecanismos de gestão de C&T modernos e confiáveis, especialmente da parte das agências públicas de fomento;
- O crescimento do sistema de inovação, por meio da capacitação de instituições de ensino, de pesquisa e do apoio governamental, de forma a disseminar sua cultura (e os seus resultados) por todo o 'tecido produtivo' brasileiro;
- A criação de mecanismos permanentes de prospecção, acompanhamento e avaliação.

Em relação aos mecanismos de gestão da ciência e tecnologia, havia a necessidade do desenvolvimento de novos modelos, incluindo-se prospecção, acompanhamento e avaliação, como meios de prover confiabilidade e efetividade às diretrizes estabelecidas.

Estes processos têm sido, nem sempre de forma sistemática, objetos de críticas e estudos. A literatura registra diversas evidências deste fato, e citamos alguns exemplos: Parra, Paterniani *et al.* (2002, p.29) afirmam que 'a ciência no Brasil vem registrando um avanço incontestável nas últimas décadas, a despeito dos

problemas de infraestrutura, financiamento e gestão de pesquisa'; ao relacionar os desafios institucionais apresentados na Reunião Preparatória para a Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação – Região Sudeste, os autores citam o 'aperfeiçoamento das instituições de pesquisa, incluindo a modernização das práticas de gestão, o estabelecimento de critérios de desempenho tecnológico...'; ao tratar sobre o desenvolvimento de P&D, nas empresas Craveiro (2002, p.179) cita como desafios, entre outros itens, a formulação de 'melhores indicadores de impacto dos produtos lançados no Brasil, por meio da análise da amortização dos investimentos em P&D'; Mendonça (2002, p.187), ao tratar dos modelos de gestão de C&T, afirma ser necessário um sistema de acompanhamento e avaliação de programas e projetos capaz de fornecer elementos para a revisão dos mecanismos de financiamento, com base também em mecanismos sólidos de prospecção, capazes de subsidiar os processos de decisão envolvidos, e acrescenta que, com a expansão do fomento e a participação de outros atores, a formação de gestores de C,T&I é essencial para que evolua de forma coerente com suas demandas e com o desenvolvimento socioeconômico.

Neste contexto, o Livro Verde de C,T&I (SILVA e MELO, 2001) referencia, em diversos pontos, a necessidade da observação de diretrizes para o desenvolvimento baseado na C,T&I, entre as quais se destacam: aperfeiçoar a gestão da base de pesquisa científica e tecnológica; aprimorar técnicas e fortalecer os mecanismos institucionais de avaliação; maior ênfase à colaboração e à criação de redes de pesquisa. As discussões relacionadas aos processos de desenvolvimento, observadas a partir do exame da memória da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação de 2001, sempre enfatizam, entre outros aspectos, a necessidade da manutenção de investimentos de natureza pública e privada, da permanente capacitação, tanto de pessoas, quanto de instituições ao desenvolvimento de C&T e para a inovação e, também, no aperfeiçoamento dos seus processos de gestão.

A história recente no campo do desenvolvimento da C,T&I, no Brasil, apresenta-nos a continuidade de uma série de ações orientadas por políticas e estratégias de âmbito governamental, com a participação do setor produtivo e da academia. Santos, Coelho *et al.* (2004) entendem que o desenvolvimento socioeconômico,

apoiado na C,T&I, depende de estratégias conscientes, ou dito de outra forma, esse desenvolvimento requer planejamento e ações consistentes e sustentáveis, cada vez mais apoiadas por recursos que permitam, aos gestores, a melhoria de seus processos de tomadas de decisão.

Verifica-se, a partir dessas referências, o empenho constante de gestores de C,T&I no desenvolvimento continuado de um grande sistema, composto por uma série de atores do setor produtivo, do governo, da academia, com vínculos estabelecidos a partir de demandas do setor produtivo, ou por fomento governamental ou, ainda, por ações iniciadas no âmbito acadêmico.

Esse sistema tem uma dinâmica orientada por diversas forças, a exemplo de: políticas de desenvolvimento governamentais ligadas diretamente ou não à C,T&I; desenvolvimento de segmentos do setor produtivo; formação de recursos humanos especializados e, mais recentemente, com ações para expandir a cultura de C,T&I na educação fundamental; fomento para o desenvolvimento de infraestrutura de C,T&I; deslocamento de recursos humanos especializados da academia para o setor produtivo, entre outros exemplos.

Temas relacionados ao desenvolvimento da C,T&I e seus processos de gestão são atuais e objeto de diversos estudiosos, podendo ser encontrados na literatura e citando, como exemplos, a Revista Parcerias Estratégicas e as publicações realizadas do trabalho do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos.

Todo esse contexto está presente nas ações decisórias do gestor de C,T&I, e possui elementos que precisam ser considerados e tratados por processos que o Engenheiro de Conhecimento utilizará no desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento.

2.2.1 Recursos Humanos em C,T&I

A formação de recursos humanos altamente qualificados e o fortalecimento do potencial científico e tecnológico constituem-se uma das forças motoras do desenvolvimento da C,T&I e há uma estreita relação entre a produção de RH e a produção de conhecimento, como pode ser verificada na introdução do IV Plano Nacional de Pós-Graduação (IV PNPG) na seguinte afirmação: “Os dados disponíveis demonstram, sobremaneira, que é no interior do

Sistema Nacional de Pós-Graduação que, basicamente, ocorre a atividade da pesquisa científica e tecnológica brasileira.” (BRASIL, 2005, p.8).

Em conformidade com esta afirmação, constante no IV PNPG, Guimarães (2007) diz que pode ser verificada por meio de dois indicadores: a) cerca de 95% dos bolsistas de produtividade em pesquisa do CNPq são docentes de programas de pós-graduação e b) a curva de crescimento de publicações brasileiras em periódicos indexados nos anos 80 e 90 se ajusta à curva de crescimento de programas de doutorado nesse período.

Isso se deve ainda, segundo o autor, a políticas de desenvolvimento da pós-graduação, praticadas nos anos 70, que financiaram muitos projetos de pesquisa que contemplassem a criação de programas de pós-graduação, sendo que, no período de 1969 a 1979, o número de cursos de pós-graduação saltou de 125 para 974 e, nos anos 80, o PADCT – Programa de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico oferecia apoio a grandes projetos de pesquisa e a existência de programas de pós-graduação era muito valorizada nos processos de seleção desses projetos. Em outras palavras, dos anos 70 até o final dos anos 80, as políticas de desenvolvimento da pesquisa funcionaram como mecanismos da emergência de novos programas de pós-graduação, contribuindo para que esses programas concentrassem a produção de conhecimento científico nesse período.

Essas constatações são observáveis no PACTI (BRASIL, 2007) quando define o cenário desse Plano: as políticas de C&T, adotadas no Brasil, favoreceram a centralização da produção do conhecimento no âmbito acadêmico, especialmente no final dos anos 60 até meados dos anos 80, com a institucionalização da pesquisa nas Universidades e vinculação do fomento à existência de programas de pós-graduação.

Ainda no entendimento de Guimarães (2007), nas recentes reformas no âmbito da C,T&I, no Brasil, há três forças essenciais atuando como mecanismos nesse contexto: a) aumento da capacidade de indução do seu desenvolvimento, vinculado à produção de conhecimento; b) ênfase no desenvolvimento tecnológico e da inovação, no sentido de deslocar a predominância do desenvolvimento de P&D do meio acadêmico, balanceando-a

com o setor produtivo; c) políticas e fomento para agregar e desenvolver P&D no setor produtivo e o fortalecimento dos institutos de pesquisa e de suas relações com esse setor.

Nesse sentido, questões envolvidas com a temática de formação de RH são altamente relevantes em contextos de tomada de decisão em C,T&I e têm sido objeto de ações promocionais e de estudo pelas agências e pesquisadores interessados nessa temática.

O conhecimento das características da população de RH em C,T&I num SNCTI é fundamental para que processos de tomada de decisão relacionados possam ser levados a termo; o gestor necessita conhecer as fontes de informação (plataformas de C&T, estudos estatísticos e indicadores, entre outros), bem como seu contexto.

Para o desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento, essas questões e conhecimentos também são fundamentais; é a partir deles que se torna possível contextualizar a atuação de um SBC, bem como obter elementos de conhecimento que serão objeto do seu funcionamento.

Recorrendo a um exemplo, apresentar-se-á, no próximo tópico, uma breve contextualização relacionada à formação de pesquisadores com competências multi e interdisciplinares, questão atual no âmbito de formação de RH, com o objetivo de evidenciar aspectos e dimensões que poderiam ser consideradas num processo de modelagem de tomada de decisão em C,T&I. Ressalta-se que esse objetivo não está centrado na discussão da temática ‘formação de pesquisadores’, pois não é escopo desta tese e demandaria um aprofundamento da pesquisa na literatura; trata-se de uma exemplificação no sentido de tornar evidentes os aspectos e a complexidade inerentes ao processo de modelagem de tomada de decisão no âmbito da construção de Sistemas Baseados em Conhecimento.

2.2.2 A formação de Recursos Humanos e a Interdisciplinaridade

Num estudo recente sobre a demografia da base técnico-científica brasileira, realizado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, é possível observar que, a cada ano, vem crescendo o número de programas de pós-graduação multidisciplinares e, conseqüentemente, o número de egressos desses programas, como se constata através dos seguintes gráficos:

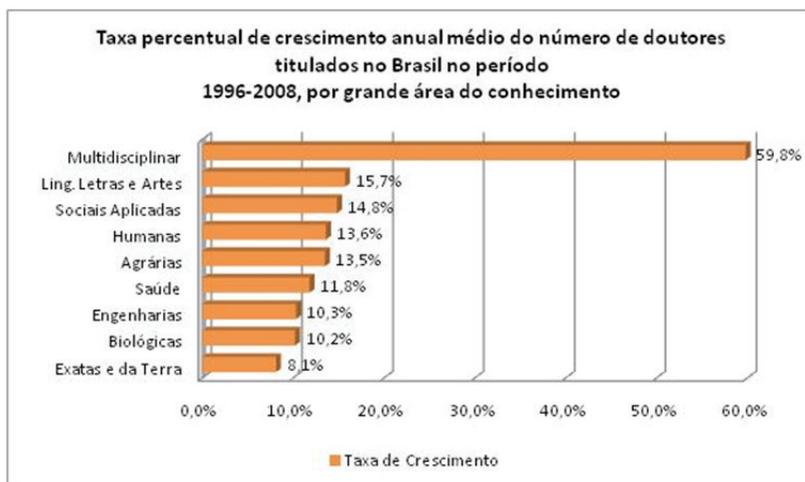


Figura 5 - Taxa média anual de crescimento de doutores entre 1996 e 2008 Cgee (2010)

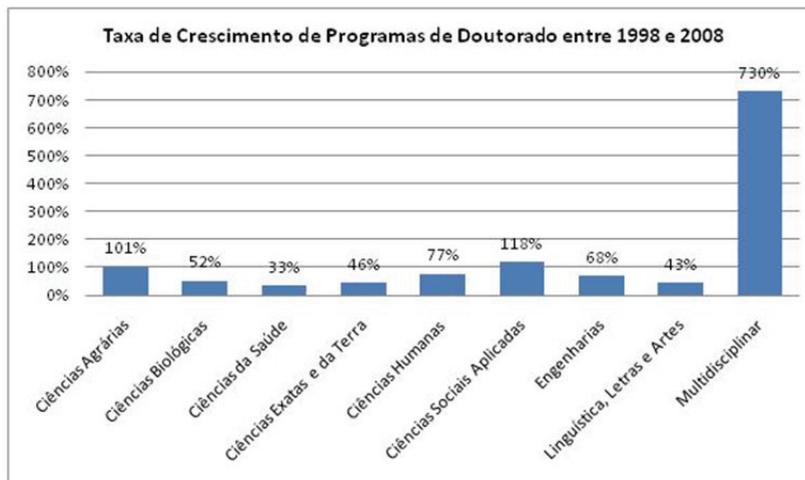


Figura 6 - Crescimento dos Programas de Doutorado Cgee (2010)

Com o amadurecimento dos programas multidisciplinares e com o aumento dos seus egressos verificar-se-á, num futuro próximo, o surgimento de uma categoria de pesquisadores que, na

visão do documento de área da CAPES (BRASIL, 2009) tem os seguintes desafios: promover novas perspectivas teórico-metodológicas de pesquisa, ensino e inovação que conduzam para além da ciência tradicional; estreitar o diálogo entre diferentes disciplinas; incorporar, gradativamente, metodologias interdisciplinares nos projetos de pesquisa dos docentes e discentes.

Num contexto interdisciplinar, os processos pelos quais se realiza o trabalho são caracterizados pela integração entre diferentes áreas do conhecimento, pela cooperação e troca, pela ação coordenada na definição de objetivos, procedimentos e metas de trabalho. Conforme Japiassu (1976, p.74), interdisciplinaridade é definida na seguinte forma: "... a interdisciplinaridade se caracteriza pela intensidade das trocas entre os especialistas e pelo grau de integração real das disciplinas, no interior de um projeto específico de pesquisa.", e essa definição é muito similar à encontrada no Documento de Área da CAPES (BRASIL, 2009):

Entende-se por Interdisciplinaridade a convergência de duas ou mais áreas do conhecimento, não pertencentes à mesma classe, que contribua para o avanço das fronteiras da ciência e tecnologia, transfira métodos de uma área para outra, gerando novos conhecimentos ou disciplinas e faça surgir um novo profissional, com um perfil distinto dos existentes, com formação básica sólida e integradora.

O desenvolvimento da pesquisa interdisciplinar é motivado, segundo Teixeira (2004, p.58), por fatores de ordem prática, epistemológicos, éticos e de ordem econômica e, ainda, por outro fortemente enfatizado pelo autor: a crítica sobre um dos pressupostos da pesquisa disciplinar que assume o objeto de observação como um 'recorte da realidade' e que os outros fatores fora do escopo de observação são constantes, não influenciando a condução de um estudo.

Nesse sentido, a convergência proporcionada pela abordagem interdisciplinar propõe abranger dimensões que disciplinas isoladas não teriam condições de abordar de forma científica.

Teixeira (2004, p.60) acrescenta que elas apresentam quatro classes de problemas e desafios: a) a classe *Organização e Coordenação*, que é relativa a questões sobre a gestão de um

coletivo de pesquisadores oriundos, muitas vezes, de equipes e instituições diferentes, com experiências, interesses institucionais e profissionais e valores variados; b) a classe *Comunicação e Linguagem*, que se subdivide em dois principais aspectos: o primeiro é relativo às diferentes compreensões sobre conceitos que são mobilizados, suscitando questões sobre o emprego de conceitos de uma área de conhecimento em outra e o emprego de metodologias nas mesmas condições; o segundo aspecto é relacionado às diferenças na escala de análise dos fenômenos sociais e naturais, associados ao objeto de pesquisa da equipe, em virtude da relação metodológica que cada uma das disciplinas possui com o objeto em questão; c) a classe *Ciência e Epistemologia*, associada à problemática da construção de um objeto interdisciplinar, referente às formas de se estabelecer *interfaces* entre as diferentes abordagens disciplinares ao objeto de pesquisa, objetivando a construção coletiva, apoiada na articulação de questões formuladas pelas diferentes disciplinas sobre o objeto de pesquisa; d) por fim, a classe *Interdisciplinaridade e Certificação Científica*, relativa aos processos de avaliação científica das práticas de pesquisa interdisciplinares e que apresenta questões associadas à qualidade, à evolução de uma abordagem interdisciplinar, a uma determinada metodologia empregada pela equipe, à compreensão dos resultados e a outros critérios pertinentes a esta forma de pesquisa.

Estas questões de ordem prática também são encontradas no trabalho realizado por Almeida, Gerhardt *et al.* (2004), no qual os autores apresentam uma experiência de um grupo de pesquisadores, visando construir um programa de pesquisa interdisciplinar, relatando aspectos associados à gestão da equipe, questões de ordem epistemológica, sobre a coordenação do trabalho de pesquisa interdisciplinar e sua organização prática e sobre as ferramentas utilizadas na análise. Este programa de pesquisa foi organizado, sinteticamente falando, na seguinte forma: a) foi elaborada uma problemática comum, construída por todos os participantes de diferentes áreas, por meio da coleta de dados e a elaboração de uma 'grade de indicadores e variáveis', 'mapas temáticos' e 'mapas de síntese' e da análise apoiada nestes instrumentos; b) foi desenvolvido um programa multidisciplinar, a

partir da articulação das hipóteses de cada área do conhecimento envolvidas; e c) a partir da configuração daquele programa, foram criados projetos disciplinares, articulados em sua problemática e hipóteses, cada qual com *interfaces* entre as diferentes áreas envolvidas, objetivando análises dos resultados com o caráter interdisciplinar esperado.

A formação e a coordenação da equipe, conforme relatam Almeida, Gerhardt *et al.* (2004), foram permeadas pela necessidade da gestão de conflitos em torno dos princípios metodológicos, epistemológicos e teóricos da interdisciplinaridade. Destaca-se que os autores registram que a dificuldade de compreender os aspectos relativos à gestão da equipe tem causa na ausência da sistematização das práticas de pesquisa, ressaltando a necessidade da sistematização da experiência, com o intuito de obter conhecimentos sobre este processo e, a partir dele, a compreensão para melhor gerenciá-lo.

Outra dimensão relatada por Almeida, Gerhardt *et al.* (2004) é a realização de ações para definir uma linguagem comum e o aprofundamento das discussões sobre metodologias e práticas interdisciplinares, com a identificação dos objetos de pesquisa de natureza interdisciplinar, suas articulações e interfaces e, também, da definição dos instrumentos comuns de análise, decorrentes da ausência de uma linguagem comum que impactava negativamente o trabalho do grupo.

Por fim, observa-se que a gestão da pesquisa interdisciplinar é permeada por variados problemas e desafios intrínsecos a sua dinâmica. Na classificação destes problemas, proposta por Teixeira (2004), é possível visualizar com mais clareza a sua natureza e, com o relato de Almeida, Gerhardt *et al.* (2004), aspectos ligados à prática deste tipo de pesquisa, ressaltando-se que as questões evidenciadas neste último podem, sem exceção, serem enquadradas naquela classificação proposta por Teixeira (2004).

As questões relativas à pesquisa interdisciplinar são objeto de estudo de diversos autores, cujo aprofundamento não é escopo desta tese; no entanto, os trabalhos de Almeida, Gerhardt *et al.* (2004) e Teixeira (2004) são exemplos de que o entendimento da dinâmica interdisciplinar requer a compreensão de variáveis associadas aos seus processos de gestão, e, ao seu *modus operandi*,

especificamente associadas a processos de comunicação entre os atores envolvidos, a fatores de cultura e poder, de gestão de pessoas, de gestão do conhecimento e dos seus fluxos.

Partindo do pressuposto de que a interdisciplinaridade é uma forma de 'innovar', no sentido de oferecer novas soluções com base no conhecimento para a sociedade, e que a formação de recursos humanos de natureza interdisciplinar na pós-graduação têm sido objeto de políticas e investimentos, deve-se considerar que isso é mais um fator que pode influenciar os processos de tomada de decisão em C,T&I.

2.2.3 Monitoramento de atividades de RH em C,T&I

Os sistemas de acompanhamento e avaliação são recursos para apoiar o processo de compreensão dos fenômenos inerentes à C,T&I, e o desenvolvimento desses recursos é algo estratégico pelo fato de que é por meio desses sistemas que se formarão as visões sobre esses fenômenos; Viotti e Macedo (2003) entendem que indicadores de C,T&I são recursos fundamentais para esse fim e acrescentam três razões para isso: a) a necessidade de compreender os fatores que influenciam a produção científica; b) a necessidade de subsidiar a formulação e o acompanhamento de políticas públicas para o desenvolvimento de C,T&I; c) a necessidade de orientar a elaboração de estratégias, atitudes e ações dos atores no contexto de C,T&I, ajudando a esclarecer questões relativas a:

- Fatores que influenciam a direção e a velocidade dos processos de expansão das fronteiras do conhecimento científico;
- Fatores determinantes dos processos de inovação, difusão e absorção tecnológica;
- Relações existentes entre a pesquisa básica, pesquisa aplicada, desenvolvimento experimental e inovação;
- Relações entre mudança técnica, crescimento e desenvolvimento;
- Impactos de avanços tecnológicos na economia e na sociedade, em geral e, em particular, no emprego, na qualidade de vida e no meio ambiente;

- Formulação, acompanhamento, avaliação e aperfeiçoamento de políticas;
- Monitoramento da capacitação tecnológica do setor produtivo em suas variadas dimensões;
- Mensuração da eficácia e eficiência de políticas governamentais;
- Identificação do potencial científico e/ou tecnológico de determinadas áreas do conhecimento;
- Identificação de oportunidades ou demandas tecnológicas;
- Mapeamento do avanço de fronteira científica das áreas de conhecimento aplicáveis na inovação.

Nesse contexto, Niederauer (2002, p.8) observou que a atividade científica tem sido realizada, ao longo dos anos, de forma cada vez mais sistematizada e com quantidades crescentes de recursos investidos, especialmente a partir da segunda metade do século XX, acompanhados pela criação de mecanismos de monitoramento e avaliação de resultados. O desenvolvimento destes mecanismos é uma prática constante por serem fundamentais na correção de rumos e orientação daqueles investimentos, e este desenvolvimento é realizado em diferentes abordagens, sempre com um objetivo comum: compreender a expressão das ações empreendidas em favor das atividades em C,T&I, por meio da observação de fenômenos inerentes a esta última. A compreensão, neste contexto, é realizada por meio de análises de indicadores, de processos e outros elementos necessários ao monitoramento e avaliação.

Os produtos obtidos por meio de estudos e projetos para essas atividades também são elementos necessários na construção de Sistemas Baseados em Conhecimento para apoiar processos de tomada de decisão em C,T&I.

Tais produtos podem tornar-se fontes de informação para que um SBC exerça esse papel no apoio à tomada de decisão através de seus processos internos, revelando conhecimentos aí existentes.

Assim, faz-se necessário apresentar as principais abordagens aplicadas ao monitoramento, avaliação e prospecção no contexto das atividades em C,T&I, com o fim de conceituá-las e caracterizá-

las, situando-as num espaço de crítica e discussão e, também, subsidiar, teoricamente, o processo de construção do Modelo que esta tese propõe.

2.2.4 A Cientometria

De acordo com Santos (2003), a Cientometria é uma abordagem tradicional na aplicação de métodos quantitativos para medir aspectos das atividades em C,T&I, objetivando o estudo de sua estrutura, evolução e conexões, sendo que, em conformidade com Santos e Kobashi (2005) e Niederauer (2002), esta abordagem é baseada em procedimentos bibliométricos, cujas premissas conceituais remontam ao século XIX.

Ainda, segundo Santos (2003), o interesse de especialistas e instituições relacionadas às atividades de pesquisa (agências de fomento, institutos de pesquisa, universidades, entre outras) por indicadores quantitativos, é justificado para o monitoramento de oportunidades em diferentes áreas, identificando atividades e projetos promissores, subsidiando o desenvolvimento de políticas, de estratégias e outros processos que envolvem a tomada de decisão em P&D.

Neste sentido, ressalta-se a importância de uma dimensão comum em processos de tomada de decisão em C,T&I: avaliação da produtividade de RH por meio de sua Produção Intelectual, especificamente na quantificação de publicações e na importância que os espaços de publicação possuem nos processos de avaliação.

Os indicadores bibliométricos são obtidos a partir das publicações científicas pela contagem, por exemplo, de eventos como o número de publicações ou citações. De acordo com Santos e Kobashi (2005), os indicadores bibliométricos podem ser agrupados em *indicadores de produção*, *indicadores de citação* e *indicadores de ligação*. Já, Katz (2000, p.24) define as seguintes medidas: *Tamanho*: número de artigos publicados; *Reconhecimento*: número de citações que um artigo recebe; *Impacto*: relação citação/artigo; e *Colaboração*: número de co-autores nos artigos.

Um exemplo de métrica associada à categoria *Reconhecimento* é o índice-H (h-index), proposto por Hirsch (2005), e é definido da seguinte forma: um cientista tem índice h se h de seus N_p artigos publicados têm, ao menos, h citações cada e os outros $(N_p - h)$

artigos tem $\leq h$ citações cada, onde N_p é o número de publicações e $\leq h$ é o número menor ou igual a h . Em outras palavras, o índice h corresponde ao h -ésimo artigo mais citado com, pelo menos, h citações. Para ilustrar de maneira simplificada, vejamos o seguinte exemplo: Um pesquisador possui 10 artigos publicados, listados abaixo em ordem decrescente de número de citações que recebeu ao longo do tempo:

Artigo	Citações
1	27
2	15
3	14
4	14
5	09
6	08
7	06
8	01
9	00
10	00

O sexto artigo tem oito citações (necessita ter ao menos seis), o que define o **índice H = 6**

O sétimo artigo tem seis (quantidade menor que sua posição - sete), o que define o **'ponto de corte'**

Figura 7 - Modo de atribuição do Índice-H

O propósito do índice h é minimizar as distorções geradas pela interpretação baseada somente no número de citações, caracterizando-o como um indicador quantitativo mais realista, relacionado a outros indicadores baseados em citações em determinados contextos. Por outro lado, ele considera toda a produção do pesquisador, o que leva em conta o tempo de sua atuação, gerando uma distorção quando se compara o índice h de dois pesquisadores com diferentes tempos de atuação.

Um exemplo de métrica que se enquadra na categoria *Colaboração* é denominado como Coeficiente de Colaboração (Collaboration Coefficient), que é um indicador proposto por Ajiferuke, Burell *et al.* (1988) e corresponde ao cálculo do grau de colaboração de um determinado número de autores de artigos, considerando suas publicações numa determinada disciplina durante certo período de tempo. É uma função do número de autores, do total de artigos e é calculado como segue:

$$CC = 1 - \sum_{j=1}^k [(1/j) f_j / N]$$

Onde:

- $F_j = 0$ número de j artigos publicados em uma área ou disciplina no período de tempo considerado;
- $N = 0$ número total de artigos publicados na área ou disciplina em questão no período de tempo considerado;
- $K = 0$ maior número de autores por artigo publicado na área ou disciplina em questão;
- $J = 0$ número de autores.

Este indicador procura estabelecer o nível de colaboração de pesquisadores, considerando uma determinada área ou disciplina num intervalo de tempo, a partir dos artigos publicados por estes pesquisadores.

Citando um exemplo da categoria *Impacto*, recentemente, Matsas (2008) propôs um indicador baseado em publicações definido como Fator de Impacto Normalizado (Normalized Impact Factor – NIF). Trata-se de um indicador que considera o fator de impacto de uma maneira não linear, ou seja, leva em conta a tradição de pesquisa de cada área, fornecendo o fator de impacto de comunidades científicas distintas, a influência dos líderes de pesquisa nestes contextos e a forma como as citações são usadas nas diferentes áreas. Os pressupostos do cálculo do NIF são: a) as citações recebidas por um indivíduo refletem a influência exercida pela pesquisa realizada por ele ; b) as suas referências bibliográficas listadas devem refletir o quanto este indivíduo é influenciado pela comunidade científica. Assim, a fórmula de cálculo é definida como:

$$NIF \equiv \frac{\sum_i c^i / a^i}{\sum_i r^i / a^i}$$

Onde:

- c^i é o número de citações recebidas;
- r^i é o número de referências incluídas;
- i é o número de papers
- a^i é o número de autores

A inclusão de 'a' evita a dupla contagem de referências em trabalhos de co-autoria, em grupos fechados a 'citação cruzada' pode ser detectada quando o NIF=1, e os líderes seriam os que tivessem NIF superior a 1, pois eles seriam os que impactariam a comunidade mais do que seriam impactados por ela.

Indicadores dessa natureza expressam quantitativamente resultados das ações de pesquisadores e são utilizados em processos de gestão de C,T&I nos mais variados contextos de tomada de decisão.

Nesse sentido, reitera-se a importância desse tipo de conhecimento em processos de modelagem de Sistemas Baseados em Conhecimento para C,T&I; métricas de produtividade são características de populações de RH que podem ser modeladas conforme a necessidade do processo de tomada de decisão em atividades de planejamento.

Não se pode deixar de citar as limitações de indicadores bibliométricos. Camps (2008) enumera as seguintes: a) indicadores bibliométricos são válidos em áreas cujas publicações são o principal *output* dos processos de pesquisa; b) consideram apenas a dimensão quantitativa das publicações e não a sua qualidade intrínseca; c) diferentes áreas temáticas possuem características próprias de produtividade e, mesmo quando pertencentes a uma mesma grande área, não devem ser comparadas entre si; d) o tipo de publicação pode influir no número de citações que recebe, a exemplo de artigos de revisão que tendem a ser mais citados que outros tipos de publicação.

Cope e Kalantzis (2009) afirmam que um método de avaliação precisa ser considerado sob duas características: validade e confiabilidade. Pela primeira, entende-se que uma avaliação é válida sempre que um dos elementos de prova (evidência) pode apoiar a carga interpretativa que lhe é atribuída; na segunda, diz-se que a avaliação é confiável se sua aplicação permitir a repetibilidade, ou seja, produzir os mesmos resultados quando aplicada a populações idênticas ou similares. Neste sentido, conforme os autores, processos de avaliação baseados em métricas de citação falham nestes dois critérios e isto se dá pelas seguintes razões:

- a) A premissa de que a relevância de um trabalho ou autor pode ser medida conforme o número de

citações que eles recebem (impacto) nem sempre é verdadeira; a existência de uma referência a uma obra (citação) é condição necessária para sua contagem, mas não é condição suficiente para se tornar uma evidência de contribuição para o trabalho, sobre a sua natureza ou qualquer outra evidência relativa ao uso da fonte;

- b) Um dos fatores que determinam a visibilidade de um autor é o número de publicações que ele possui, ou seja, se ele tem mais publicações tem mais chances de ser citado. Se este parâmetro é tomado como base para julgar se um pesquisador é produtivo ou é de atuação expressiva, sem ao menos considerar como seus trabalhos influenciaram outros autores, produzir um parecer qualitativo a partir deste único parâmetro pode conduzir a equívocos de análise;
- c) As métricas de citação desvalorizam trabalhos (e autores) pouco citados. A maior parte dos trabalhos publicados é pouco citada, e isto não significa que eles têm pouco valor ou são menos importantes.
- d) Em algumas áreas do conhecimento, trabalhos tendem a ser citados por um longo período de tempo, e algumas métricas de impacto desconsideram o que foi publicado após um dado momento;
- e) Alguns tipos de artigos têm diferentes tipos de uso quando são citados: por exemplo, revisões de literatura (*surveys*) normalmente são mais citadas que uma publicação de resultados parciais (*position papers*) de uma pesquisa em andamento, e essas diferenças não são levadas em conta por métricas de citação;
- f) O sistema de recompensa baseado em métricas de citação tende ao favorecimento da citação em rede (citar colegas, chefes, entre outros),

caracterizando uma dinâmica de poder social que influencia a quantidade de citações, em detrimento do critério de qualidade intelectual ou do potencial de contribuição científica destas fontes;

- g) A facilidade de acesso às fontes influencia a quantidade de citações, ou seja, fontes abertas (ex: *open journals*) podem ser mais citadas que revistas ou bases de dados que têm acesso restrito aos seus assinantes.

Essas críticas podem ser encontradas ao longo da literatura sobre indicadores bibliométricos, a exemplo do trabalho de Camps (2008, p.77) e, também, no de Hicks e Katz (1996).

Os indicadores bibliométricos oferecem, como pôde ser observado nos trabalhos referenciados, condições de detectar a existência de vínculos entre pesquisadores, instituições, de fornecer informações sobre o uso das publicações (citações), e de permitir análises secundárias (dependentes de outros métodos) como o mapeamento de redes sociais ou da participação institucional em determinado segmento do conhecimento ou de mercado.

Por fim, entende-se que esses indicadores têm reconhecida importância para os processos de gestão da C,T&I, mas é necessário que se observem os seus limites de interpretação e de uso, pois nem todos esses problemas apontados pelos críticos da bibliometria podem ser facilmente solucionados, em função da dificuldade de detectar tais problemas, além do custo *versus* benefício em resolvê-los.

Tais fatores precisam ser levados em conta ao se modelar características de produtividade de populações de pesquisadores no contexto de geração de Sistemas Baseados em Conhecimento, pois influenciam, em menor ou maior grau, os resultados obtidos.

2.2.5 Análise de Redes Sociais

Uma abordagem de estudo bastante utilizada no contexto de avaliação e monitoramento da C,T&I é a Análise de Redes Sociais. Ela tem por objeto a dinâmica dos atores desse sistema, proporcionando uma perspectiva diferenciada daquela obtida com indicadores bibliométricos.

A compreensão da natureza da atuação dos grupos de pessoas, no que tange às relações sociais, tem sido objeto de estudo do que se denomina como Análise de Redes Sociais (ARS). Segundo Newman (2001, p.404), uma Rede Social é um conjunto de pessoas ou grupos que possuem conexões de algum tipo para um ou mais de um componente deste conjunto, sendo que, em conformidade com Nooy, Mrvar *et al.* (2005, p.5), o objetivo principal da ARS é detectar e interpretar padrões de ligações sociais entre aqueles componentes, partindo do pressuposto de que pessoas ou grupos (redes sociais) possuem ligações de natureza social, econômica, cultural e de outras naturezas. No contexto da ARS, estes componentes são denominados *atores* e as suas conexões denominadas *ligações*.

No âmbito das atividades em C,T&I, os métodos da ARS são aplicados para compreender padrões de colaboração entre pesquisadores, com foco na análise das relações entre os atores neste contexto social. Silva, Matheus *et al.* (2006, p.73) citam, como exemplos, a identificação de 'colégios invisíveis', a observação de aspectos interdisciplinares decorrentes da colaboração a partir de diferentes áreas, entender a formação de redes de pesquisa e analisar a produção científica como ferramenta complementar àquelas empregadas nas análises bibliométricas.

Um fenômeno comumente explorado com métodos da ARS é a co-autoria; alguns pesquisadores utilizam-na com relativa facilidade de acesso às bases de dados e às ferramentas de ARS para analisar as redes de co-autoria e redes de citações. Conforme Silva, Matheus *et al.* (2006, p.79) é possível analisar a construção de 'colégios invisíveis' e de comunidades de prática e obter, por exemplo, informações sobre a topografia e a morfologia das diferentes áreas de conhecimento, sobre a existência de grupos fechados de pesquisa e da existência de relações entre diferentes instituições, salientando que as análises são de natureza quantitativa e não eliminam a necessidade de estudos de natureza qualitativa.

A análise de co-autoria é realizada conjuntamente com indicadores bibliométricos (produção e produtividade), possibilitando o levantamento de hipóteses sobre a motivação da co-autoria e sua relação com a produção bibliográfica (por exemplo; identificar autores com índices significativos de publicações, mas

que pertencem a grupos de pesquisa fechados ou a evolução das relações de um determinado grupo ao longo do tempo) e também sobre o surgimento de áreas de conhecimento embrionárias, por meio da observação das áreas de conhecimento com as quais os autores estão vinculados.

Ainda no contexto das comunidades de pesquisadores e cientistas, Luis Molina, Muñoz Justicia *et al.* (2002) defendem que outros atributos, além da co-autoria, devem ser utilizados na configuração das redes, a fim de estabelecer uma visão mais completa sobre estas comunidades, em relação àquela obtida com base apenas no que é detectado nas publicações. Dessa forma, é possível, por exemplo, analisar as relações entre orientadores e orientandos, participações em congressos e participações em grupos de pesquisa.

É expressiva a quantidade de trabalhos realizados com essa abordagem, entre os quais podemos citar, apenas a título de exemplo: Lee e Bozeman (2005) realizaram um estudo baseado na análise da produção e em questionários respondidos por pesquisadores vinculados a universidades e centros de pesquisa, e constataram que o número de colaboradores não é necessariamente um fator associado à produtividade em publicações e que, fatores de ordem individual e de ambiente devem ser compreendidos para potencializar as estratégias de colaboração; Maia e Caregnato (2008) usaram a co-autoria como indicadora de colaboração num estudo de natureza bibliométrica, identificando as redes de professores e procurando estabelecer relações entre produtividade de publicações e colaboradores; Hara, Solomon *et al.* (2003) investigaram um grupo de cientistas, por meio da coleta de um conjunto de dados realizada a partir de entrevistas, observações, procurando identificar elementos da sua dinâmica de trabalho e como ela interfere no processo de colaboração; Silva, Matheus *et al.* (2006) aplicam a ARS para caracterizar a interdisciplinaridade entre professores de um Programa de Pós-Graduação, valendo-se do elemento co-autoria; Newman (2004) realizou um estudo nas áreas de biologia, física e matemática, identificando padrões de colaboração científica, usando, também, a co-autoria como vínculo de conexão entre os atores, e esse padrões se referem a associações

entre os pesquisadores, as quais o autor pressupõe serem um indicador consistente de colaboração.

Por fim, entende-se que as abordagens que utilizam os métodos de ARS têm um papel relevante quando se distinguem da abordagem bibliométrica, a partir do momento em que investigam fenômenos associados à dinâmica dos grupos de trabalho e da colaboração na pesquisa, tais como a comunicação, fatores de ambiente de trabalho, geográficos, entre outros, que não somente, a co-autoria em publicações, especialmente pelo fato de que a atividade colaborativa é complexa e dependente de diversos fatores e que, pode tomar variadas formas, desde o oferecimento de conselhos ou *insights* até a participação ativa numa parte específica da pesquisa, conforme Katz e Martin (1997).

Processos de tomada de decisão em C,T&I que têm em seu contexto grupos de pesquisadores que podem ser analisados por meio de ARS oferecem uma rica caracterização para processos de Modelagem em Engenharia de Conhecimento, especificamente no âmbito desta tese.

Dessa maneira, os métodos de ARS podem proporcionar os meios para o Engenheiro de Conhecimento mapear características de grupos de pesquisadores, analisar relações, sempre, na medida em que for possível modelá-las.

2.3 Gestão do Conhecimento e Processos de Tomada de Decisão

Neste tópico serão apresentados elementos relacionados à Tomada de Decisão que definem os referenciais conceituais utilizados nesta Tese, especialmente no desenvolvimento do Modelo proposto.

O conceito de tomada de decisão adotado no referencial teórico desta Tese é definido no âmbito do que Choo (2006) denomina 'organização do conhecimento'. Na visão desse autor, a realização das ações organizacionais depende de três momentos de uso da informação: a) criar significado; b) construir conhecimento e c) tomar decisões.

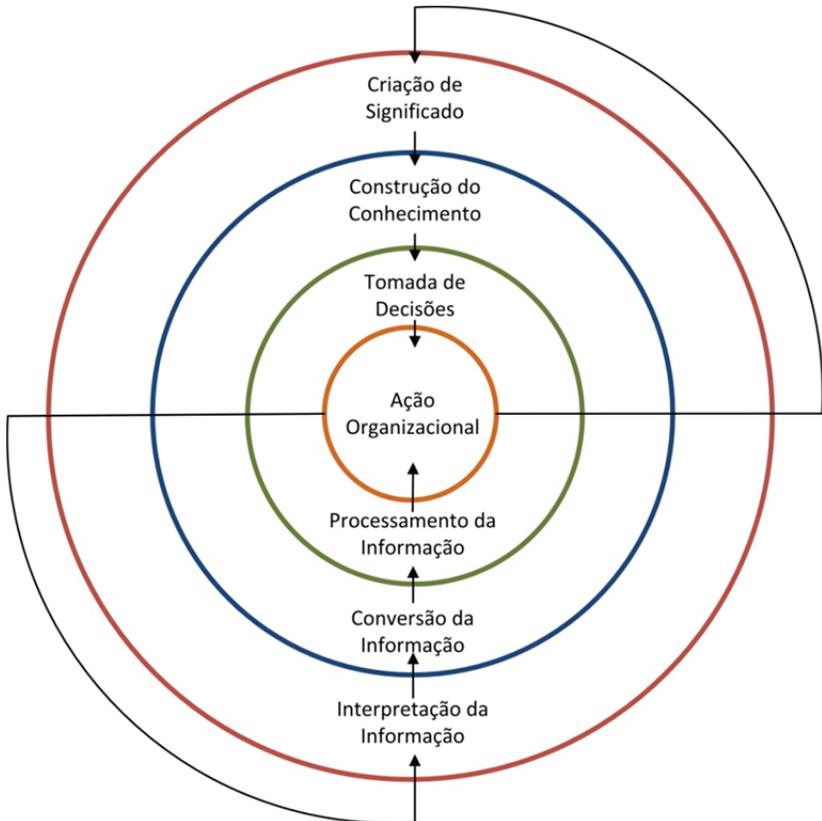


Figura 8 - Organização do Conhecimento - Choo (2006, p.31)

O autor descreve o funcionamento na seguinte maneira: a informação flui do ambiente exterior (fora dos círculos) e é progressivamente assimilada para permitir a ação da empresa. O processo se inicia a partir da percepção sobre o ambiente da organização de onde ocorre a construção de significado; isso fornece o contexto para a construção do conhecimento. Ele, inicialmente, reside na mente dos indivíduos e precisa ser convertido em conhecimento que possa ser compartilhado e transformado em inovação. Quando há conhecimento suficiente, a organização está preparada para a ação e escolhe seu curso racionalmente. Por fim, a ação organizacional muda o ambiente e

produz novas correntes de experiência, as quais deverão se adaptar, produzindo um novo ciclo.

Destacamos, dessa visão, três processos de uso da informação: a interpretação, a conversão e o processamento: na fase de criação de significado, a principal atividade é a interpretação de informações, notícias e mensagens sobre o ambiente; na fase de construção do conhecimento, o principal processo é a conversão do conhecimento, usando os canais de comunicação, linguagem, diálogos, entre outros; durante a tomada de decisões, a principal atividade é a análise e processamento de informações e, a partir das alternativas disponíveis, regras, rotinas, restrições e preferências orientam o processo de escolha.

O entendimento sobre construção de conhecimento, usado por Choo (2006), é o mesmo de Nonaka e Takeuchi (2004) e também é adotado por Schreiber, Akkermans *et al.* (2002), concebido em duas categorias: *Conhecimento Tácito*, referente ao conhecimento procedural, pessoal, vinculado a um contexto, difícil de ser formulado e comunicado, construído com a experiência do indivíduo; *Conhecimento Explícito*, que é o conhecimento declarativo, transmissível em linguagem formal e sistemática, possibilitando ao indivíduo entender e compreender algo sobre determinados fatos e eventos.

As transformações que ocorrem com esses tipos de conhecimento, denominadas por Nonaka e Takeuchi (2004) como 'conversão do conhecimento', ocorrem de quatro maneiras:

- a) *Socialização*: processo de compartilhamento de experiências, como modelos mentais ou habilidades técnicas compartilhadas, por meio da observação, imitação e prática;
- b) *Externalização*: processo de articulação do conhecimento tácito em conceitos explícitos, expressos por meio de modelos, conceitos, hipóteses e outros métodos de representação na forma de alguma linguagem;
- c) *Combinação*: é um processo de sistematização de conhecimentos que ocorre por meio da conversão de conceitos, transformação ou agregação que

- acontecem em contextos de gestão, treinamento, entre outros;
- d) *Internalização*: é o processo de incorporação do conhecimento explícito que se dá por meio da experiência ou do aprendizado, de maneira a constituírem novos modelos mentais.

Esse entendimento de Choo (2006) sobre o processo de tomada de decisão é coerente com os processos de tomada de decisão em C,T&I, o que pode ser verificado com a grande variedade de 'produtos' oriundos de estudos e pesquisas que resultam em relatórios e indicadores, que mostram características relativas aos atores de C,T&I, e usados em processos de planejamento e tomada de decisão. Pode-se citar, para fins de exemplo, os seguintes autores: Brasil (2009), Brasil (2007), Cgee (2010), Pacheco, Forcellini *et al.* (2007), Viotti e Macedo (2003), entre outros.

O desenvolvimento desta Tese assume que o processo de tomada de decisão se dá na forma descrita por Choo (2006), e pressupõe que os insumos para o processo de tomada de decisão são relacionados às fontes de informações disponíveis, a partir de estudos ou de Plataformas de Gestão de C,T&I.

Tais plataformas são, de acordo com Balancieri, Bovo *et al.* (2005), sistemas de captura de dados, bases de dados e portais para intercâmbio de informações. Nesse conceito, oferecem serviços aos atores ligados à C,T&I nos seus diversos níveis.

Assim, essas plataformas também se constituem fontes de dados e de informação que podem ser modeladas como *agentes* num Sistema Baseado em Conhecimento.

2.4 Fundamentos da Engenharia do Conhecimento

Este tópico da Fundamentação Teórica objetiva caracterizar a Engenharia do Conhecimento, cuja definição, no âmbito do Programa de Pós-Graduação de Engenharia e Gestão do Conhecimento, é citada à página 22, apresentando e discutindo seus fundamentos e delineando a abordagem técnica que é utilizada nas análises desta tese.

2.4.1 Origens e Evolução da Engenharia do Conhecimento

Nos últimos 10 anos, especialmente e não exclusivamente por conta da emergência de conceitos como o de Web Semântica, o desenvolvimento de ferramentas de software que fazem uso de conhecimento, representado com o apoio de métodos, técnicas e linguagens para a sua codificação, evoluiu significativamente, modificando o próprio entendimento sobre o conceito de Engenharia do Conhecimento. É, a partir dessa constatação que se propõe um resgate histórico das origens da Engenharia do Conhecimento, por meio do levantamento dos seus fundamentos teóricos e aplicações, desde os seus primórdios até os dias atuais, com o fim de construir uma visão dessa área do conhecimento tão importante nos dias atuais para o contexto da Gestão do Conhecimento.

Assim, este tópico é organizado em três partes na seguinte forma: na primeira, apresentação da área da Engenharia do Conhecimento, por meio do resgate dos primeiros registros de fundamentos teóricos, com ênfase para um importante pressuposto – a possibilidade da Representação do Conhecimento para uso computacional; na segunda parte, é abordada a Engenharia do Conhecimento, por meio do levantamento dos seus conceitos na literatura das áreas de Ciência da Computação e Engenharia do Conhecimento, com ênfase para sua evolução e mudanças paradigmáticas ao longo do tempo, objetivando construir uma visão dos fundamentos que as caracterizam; por fim, são apresentadas as conclusões desse tópico, por meio das quais se procura alinhar os

principais aspectos identificados, através da literatura, por meio de uma breve discussão sobre a Engenharia do Conhecimento.

2.4.2 Inteligência Artificial e a Gênese da Engenharia do Conhecimento

Os conceitos e métodos relacionados à Engenharia do Conhecimento e utilizados em aplicações computacionais têm sua gênese num segmento da área de Inteligência Artificial (IA), denominado como IA Simbólica¹, que possui origem nos anos 50, de experimentos considerados marcos para a área, como o *General Problem Solver (GPS)*, um software criado por Newel e Simon (1959, p.2), capaz de solucionar problemas por meio de análises combinatoriais, como uma partida de xadrez ou resolver quebra-cabeças ‘Torre de Hanoi’. O funcionamento é baseado na representação computacional das alternativas de jogadas, organizadas de tal forma que o computador possa antecipar ações, por meio de processos de sequenciação e busca de estados (um estado é uma etapa da solução de um problema em um dado instante do processo) e, também, acreditava-se que com esta técnica fosse possível resolver qualquer problema que pudesse ser formalmente modelado num espaço de estados e em regras lógicas que definissem as possibilidades de movimentação nesse espaço de estados.

Esses primeiros anos foram cheios de experiências bem sucedidas, guardados os limites da época, pois os pesquisadores da IA trabalhavam com computadores primitivos e ferramentas de programação daquele momento, acrescentado o fato de que tais máquinas eram vistas como coisas para fazer somente cálculos matemáticos e nada mais. Russel e Norvig (1995, p.13) referem-se a esta época como um período de superação de desafios e demonstrações do potencial das implementações e pesquisas da IA. No entanto, anos depois, os pesquisadores dessa área começaram a enfrentar dificuldades ao tratar problemas mais complexos que jogos e resolução de teoremas. Enquanto as pesquisas estavam

¹ Além da IA Simbólica, há outras duas correntes: a IA Conexionista e a IA Evolutiva ou Evolucionista. Maiores referências podem ser encontradas no trabalho de Ribeiro Jr. (2001).

voltadas essencialmente para essas aplicações, os contínuos resultados obtidos alimentavam as expectativas dos pesquisadores até que a evolução das pesquisas conduziu naturalmente este entusiasmo ao seu fim, em virtude das dificuldades encontradas com algumas tentativas de executar tarefas humanas no computador, ao passo que também levou os pesquisadores para o desenvolvimento de novas abordagens, a fim de criar sistemas com comportamento inteligente ou com capacidade de raciocínio.

Outro marco da IA, decorrente dessa busca por novas abordagens, é definido com o surgimento dos Sistemas Especialistas (SE) nos anos 70, por Feigenbaum, Buchanan *et al.* (1971) com a apresentação do sistema DENDRAL, considerado o primeiro sistema especialista funcional; outros dois importantes exemplos são: a) o MYCIN, criado em 1976, era um sistema especialista, capaz de realizar diagnósticos médicos a partir de informações clínicas do paciente (Shortliffe e Buchanan, 1984); b) o XCON, desenvolvido pela Digital Equipment Corporation (DEC) em 1978, para processar configurações avançadas, através das solicitações de compra de computadores de alto desempenho, de acordo com Giarratano e Riley (1998). Tratava-se de um momento em que os pesquisadores procuravam maneiras de resolver problemas reais, mais complexos que os tratados nos primórdios da IA e com resultados concretos após aplicações práticas.

O fundamento dos SE é baseado na possibilidade de processar o conhecimento obtido de especialistas humanos, estruturado na forma de regras lógicas (processo denominado como realização de inferências), a fim de resolver problemas de forma total ou parcial de algum domínio específico, tais como: diagnóstico, interpretação, predição e outras que demandem processos dedutivos, baseados em regras positivas e hierárquicas, de acordo com Rich e Knight (1994), Mendes (1997), Russel e Norvig (1995) e Bittencourt (2006). A arquitetura de um SE pode ser resumida em quatro partes principais: a) a Base de Conhecimento, que contém os fatos e as regras, ou seja, o que se sabe sobre o domínio do problema e as relações lógicas entre os fatos; b) O Motor de Inferência, que é o núcleo do sistema especialista e realiza o processamento dos fatos e regras fornecidos por meio da Interface com o Usuário, deriva conclusões, interpreta-as, realiza consistência das inferências; c) A

Interface com o Usuário, que é o elemento do SE que permite a interação com o usuário, por meio da qual este informa o SE para que realize os processos de inferência e, por fim, d) o Módulo de Explicação que demonstra a linha de inferência desenvolvida pelo sistema.

No âmbito da construção dos SE, o conhecimento é algo que pode ser representado por meio de processos de codificação, e as formas de atuação inteligente podem ser representadas com apoio, principalmente, da Lógica para a manipulação deste conhecimento. Esta visão pressupõe que tarefas realizadas pela mente humana, como a dedução e inferência podem ser reproduzidas computacionalmente, por meio de formas racionais de processamento do conhecimento, seguindo padrões lógicos, sendo que o conhecimento envolvido pode ser armazenado e representado por símbolos, que são códigos para proposições que representam conhecimento e/ou crenças.

Observa-se, então, que o processamento computacional de representações do conhecimento é um pressuposto fundamental da IA Simbólica, fundamentada na 'hipótese do sistema de símbolos físicos', enunciada por Newel e Simon (1976, p.116) na seguinte forma: "Um sistema de símbolos físicos tem os meios necessários e suficientes para a ação inteligente em geral", sendo que os autores definem sistema de símbolos físicos como:

"... um grupo de entidades, chamadas símbolos, que são padrões físicos [designam elementos que serão representados] que podem ocorrer como componentes de outro tipo de entidade chamada expressão (ou estrutura de símbolos). Assim, uma expressão é composta de um número de instâncias (ou marcas de identificação) de símbolos relacionados de alguma forma física (como por exemplo, uma marca ao lado da outra). Em um dado instante, o sistema conterá uma coleção destas expressões. Além destas, o sistema também contém uma coleção de processos que operam nas expressões para produzir outras expressões: processos de criação, modificação, reprodução e destruição. Um sistema de símbolos físicos é uma máquina que produz ao longo do tempo uma coleção progressiva de expressões."

Um sistema simbólico pode ser comparado a um alfabeto, ou de outra forma, a partir de símbolos mais simples podemos construir expressões mais complexas de forma a representar estruturas de conhecimento igualmente maiores. Essa visão da representação simbólica do conhecimento é chamada, por alguns pesquisadores, de visão clássica da IA.

As aplicações que usam métodos e sistemas da IA Simbólica baseiam-se, fundamentalmente, nesse princípio. O conhecimento é representado ou codificado na forma de um sistema simbólico e, por sua vez, deve ser suficiente para representar o domínio de conhecimento envolvido na aplicação. A manipulação desse conhecimento é implementada na forma de técnicas que lidam com conjuntos simbólicos e regras que representam a lógica envolvida nos processos, caracterizando neste âmbito da IA outra importante atividade: a Representação do Conhecimento.

A possibilidade da Representação do Conhecimento é um pressuposto fundamental na construção de sistemas que exibem comportamento inteligente no âmbito da corrente simbólica da IA, ou dito de outro modo, a construção de sistemas na IA simbólica é fundamentada em representações (conhecimento expresso formalmente por meio de uma linguagem) que são construídas na forma de proposições lógicas e o comportamento do sistema se dá em função deste conhecimento expresso na forma dessas proposições.

Assim, o tratamento do conhecimento do domínio do problema é algo essencial na construção de aplicações computacionais nesta área, tal como afirmam Turban e Frenzel (1992, p.115) ao enunciar que a manifestação inteligente pressupõe aquisição, armazenamento e inferência de conhecimento e, também, para que o conhecimento possa ser armazenado é essencial que se possa representá-lo. Ainda, segundo os autores, grande parte do esforço em IA tem se concentrado em buscar ou aperfeiçoar formalismos² na representação do conhecimento, e os estudos sobre representação do conhecimento estão, em boa parte, ligados à

² Um formalismo pode ser entendido como um conjunto de procedimentos para representação e especificação detalhada de algo no domínio de uma aplicação computacional com algum nível de rigor lógico e/ou matemático.

Hipótese da Representação do Conhecimento de Smith (1982, p.15), enunciada na forma a seguir:

Qualquer processo inteligente incorporado mecanicamente [computacionalmente] deverá consistir de elementos estruturais que: a) tenha uma descrição proposicional do conhecimento exibido pelo processo; b) independentemente de uma semântica externamente atribuída, exerça um papel formal, causal e essencial na geração do comportamento que manifesta tal conhecimento.

Por fim, observamos que ao longo da trajetória da IA Simbólica os pesquisadores criaram técnicas para desenvolver sistemas computacionais que atuam racionalmente ou reproduzem o comportamento humano e, para tanto, demandaram igualmente o desenvolvimento de métodos e processos para representar o conhecimento envolvido nessas aplicações.

2.4.3 Representação do Conhecimento

Na literatura da área da Ciência de Computação, observa-se que, de forma análoga à evolução da IA, a Representação do Conhecimento passou por processos de maturação, caracterizados pelo desenvolvimento de métodos e técnicas cada vez mais bem estruturados e, também, pela formação de consensos sobre sua identidade científica, pressupostos teóricos e aplicações no âmbito da comunidade da IA e de outras áreas do conhecimento.

Essa caracterização da Representação do Conhecimento, como uma área constituída por métodos e técnicas para tratamento do conhecimento, visando à criação de representações operáveis computacionalmente acompanha o amadurecimento das abordagens de pesquisa aplicadas na área da IA ao longo dos anos 70 e 80. Isso é constatado a partir da revisão de artigos dessa época, relacionados ao tema Representação do Conhecimento, a exemplo do trabalho de Brachman e Levesque (1987), que introduz seu artigo citando algumas limitações da área e das dificuldades inerentes ao desenvolvimento de linguagens na representação do conhecimento, em função da falta de consenso entre diversas abordagens para retratar conhecimento e da conseqüente

dificuldade de produzir aplicações computacionais capazes de raciocinar com base nessas representações e de as reusar; outro exemplo é o trabalho publicado por Fischhoff (1989), que apresenta uma iniciativa da criação de um método para descrever conhecimento de um dado domínio de aplicação, focado em uma série de procedimentos *ad-hoc* para elicitar o conhecimento dos especialistas, ali vistos como “qualquer indivíduo encarregado de prover *inputs* específicos para análise, incluindo não somente aqueles com treinamento especializado, mas também indivíduos que possuem qualquer conhecimento necessário ao processo de elicitação”, caracterizando um processo que objetiva extrair (termo usado pelo autor) o conhecimento do especialista.

Assim, características comuns como a grande diversidade de abordagens para a representação, desenvolvimento de diversas linguagens na formalização dessas representações e argumentações acerca da necessidade de se adotar ou desenvolver alguma abordagem específica, são evidências de uma área de conhecimento ainda em evolução. Outra evidência daquela época e encontrada na afirmação de Bittencourt (1990, p.11) é a de que a definição da representação do conhecimento apresenta as mesmas dificuldades que a definição para o termo Inteligência Artificial; no trabalho de Lakemeyer e Nebel (1994, p.2) afirmam que só recentemente (na época da publicação daquele trabalho) há consensos entre os pesquisadores da Representação do Conhecimento e, nos anos 80, a história dessa área é permeada por discussões sobre os métodos corretos e por abordagens divergentes.

Esses autores chegam a definir a Representação do Conhecimento como uma subárea da IA, na qual se realizam estudos da representação, manutenção e manipulação do conhecimento referente a um domínio de aplicação, sendo que as principais frentes de pesquisa são: a) representação de conhecimento de áreas de aplicação da IA; b) desenvolvimento de linguagens de representação do conhecimento; c) especificação e análise de processos de raciocínio computacional com base no conhecimento representado; d) desenvolvimento de sistemas que suportam o processo de representação do conhecimento e o raciocínio computacional sobre esses artefatos.

Outra característica enunciada por Lakemeyer e Nebel (1994) é que essa subárea trabalha com a representação explícita e declarativa do conhecimento onde: a) por explícito entende-se que as representações do conhecimento são armazenadas em *bases de conhecimento* na forma de conjuntos de elementos construídos com base em métodos matemáticos e lógicos (conjuntos de *entidades formais*) que descrevem aquele conhecimento de maneira direta e quase sem ambigüidades; b) por declarativo entende-se que as representações são especificadas sem referenciar como serão processadas, construídas na forma de enunciados lógicos, estruturados por meio de uma metodologia e expressos numa linguagem que pode ser tratada computacionalmente.

Assim, os anos 90 são marcados pela forte ênfase no desenvolvimento de métodos de representação baseados em lógica, seguindo um fundamento comum da IA Simbólica: à *hipótese da representação do conhecimento de Smith* (citada à página 89) fato observável nos trabalhos de Brachman e Levesque (2004) e Brachman e Levesque (1987).

Uma definição recente de Representação do Conhecimento é enunciada por Brachman e Levesque (2004, p.4) na seguinte forma: “É o campo de estudo dedicado ao uso formal de símbolos para representar uma coleção de proposições assumidas por um agente”, sendo que, o contexto dessa definição é situado no âmbito do desenvolvimento de sistemas de IA.

Na área da Ciência da Informação, a Representação do Conhecimento é comumente abordada como uma atividade que tem por objetivo principal a modelagem do conhecimento, incluindo a problemática em torno de seus fenômenos cognitivos, lingüísticos e epistemológicos, caracterizada por uma relação multidisciplinar, reunindo conceitos da Ciência da Informação, Teoria da Terminologia e da Filosofia.

No entendimento de Campos (2004), a Representação do Conhecimento é um processo que requer o deslocamento do ‘mundo fenomenal’ para um espaço de representação, e é algo que pode ser mais bem compreendido, a partir das seguintes características: a) a Representação do Conhecimento é um mecanismo usado para se raciocinar sobre o mundo, um substituto para aquilo que se representa, caracterizando também a dicotomia objeto-

representação, ou seja, uma representação sempre será uma ‘versão simplificada’ do objeto e a única representação completamente precisa do objeto é o objeto em si; b) uma representação é um conjunto de compromissos ontológicos, ou seja, aquele processo possui uma série de implicações decorrentes das decisões tomadas por quem constrói a representação sobre o que ver do mundo; c) uma representação do conhecimento é uma ‘teoria fragmentada de raciocínio que especifica que inferências são válidas e quais são recomendadas’, ou seja, é uma forma de como as pessoas argumentam ou por alguma crença sobre o que significa raciocinar de forma inteligente; d) uma representação de conhecimento é um meio de computação pragmaticamente eficiente ou, de outra forma, a aplicação prática da representação faz sentido se puder ser operável computacionalmente; e) uma representação do conhecimento é um meio de expressão por meio da qual se diz coisas sobre o mundo, cuja linguagem precisa ser conhecida e compartilhada.

Essa concepção de Representação do Conhecimento é calcada sobre uma perspectiva multidisciplinar, como dissemos anteriormente, que enfatiza uma clara preocupação com os processos cognitivos do ato de modelar o conhecimento com a eficácia dos processos de modelagem.

Para Alvarenga (2003), a representação do conhecimento é um processo cognitivo que envolve etapas de percepção, identificação, interpretação, reflexão e codificação. O indivíduo, utilizando-se de seus sentidos, de sua emoção, da razão e linguagem interage com a realidade, da qual os seres *expostos ao processo de conhecimento* são representados. Nesse sentido, Campos (2004) afirma que o processo de Representação do conhecimento segue quatro princípios: a) o método de raciocínio, que contempla a abordagem lógica ao domínio a ser representado; b) o objeto da representação, que é a unidade ou coisa a ser manipulada/observada, e esse entendimento varia conforme a área de aplicação do processo de representação (ex: ciência da informação, com a teoria da classificação facetada e na computação, com a teoria de orientação a objetos) por possuírem diferentes entendimentos sobre os processos de representação; c) a construção de estruturas conceituais: trata-se da forma como a complexidade e o contexto do

real são abordados e materializados nas representações, na forma de *relações entre conceitos*; d) as formas de representação que consistem nas linguagens e suas limitações, na capacidade de expressar o objeto representado.

Identificam-se, por meio do exame da literatura sobre o tema Representação do Conhecimento, nas áreas de Ciência da Computação e Ciência da Informação, elementos comuns e enfoques particulares que possuem uma relação complementar sob os seguintes aspectos:

- A expressividade de uma Representação do Conhecimento depende, entre outros fatores, da linguagem utilizada para a descrição e este é um aspecto discutido em ambas as áreas;
- A Representação do Conhecimento é baseada na dicotomia ‘representação – objeto do mundo real’.

O caráter aplicado das iniciativas de métodos e processos de Representação do Conhecimento, constatado a partir da literatura da Ciência da Computação, sugere que a maior parte dos esforços para solucionar problemas dos processos de representação era voltada à melhoria do desempenho dos sistemas que usam essas representações, especialmente no que se refere à formalização e o compartilhamento do conhecimento, o que explica a existência de diversas iniciativas de métodos e técnicas para desenvolver Sistemas Baseados em Conhecimento, ao passo que se observa pouca discussão acerca da dimensão cognitiva e de aspectos de natureza filosófica inerentes à noção de conhecimento.

Na Ciência da Informação, a ênfase na caracterização das discussões teórico-metodológicas, sobre os conceitos de representação e na sua dimensão cognitiva, está embarcada na maior parte das discussões; porém, observam-se, em alguns textos, alguns conflitos conceituais, a exemplo da distinção, por vezes, nebulosa entre informação e conhecimento e entre informação e documento. Outra característica observada é a ausência de uma metodologia específica na Representação do Conhecimento, que contemple a problemática situada em torno dessa dimensão cognitiva e, também, com caráter aplicado.

Na próxima seção, abordaremos o tema Engenharia do Conhecimento, tendo como ponto de partida o referencial teórico

sobre a área da IA e a discussão sobre Representação do Conhecimento, apresentados neste trabalho.

2.4.4 Paradigmas da Engenharia do Conhecimento

Abordamos, anteriormente, os fundamentos da IA Simbólica, com ênfase no pressuposto da possibilidade de Representação do Conhecimento, como meio para tornar viáveis os sistemas computacionais baseados em IA e uma discussão acerca da Representação do Conhecimento. Nesta seção, será feita uma abordagem à Engenharia do Conhecimento por meio de uma perspectiva cronológica, situando-a num contexto da evolução e apresentando referências de forma a caracterizá-la conceitualmente.

A Engenharia de Conhecimento era definida por Feigenbaum (1977, p.1014) como “... a arte de trazer os princípios e ferramentas da pesquisa em Inteligência Artificial para conduzir os problemas de aplicações difíceis que requerem o conhecimento de especialistas para sua solução”.

As abordagens utilizadas no desenvolvimento de aplicações eram, em sua maioria, caracterizadas por métodos pouco estruturados, objetivando primariamente a obtenção de resultados a partir do desenvolvimento de sistemas que apoiassem a solução de problemas específicos.

Outra definição bastante citada é a de Feigenbaum e Mccorduck (1983) que a definem como “uma disciplina de engenharia que envolve a integração de conhecimento em sistemas computacionais, com o fim de resolver problemas complexos que normalmente requerem um elevado nível de conhecimentos humano”.

Abramson e Ng (1993), ao estudar o conceito de Engenharia do Conhecimento, afirmam que:

“Ao longo dos anos, a engenharia do conhecimento tem sido chamada de arte, processo, tecnologia, técnica, uma fase de concepção, etc., mas raramente, senão nunca, tem sido anunciada como uma ciência. A importância desta distinção não é meramente semântica; existem diferenças reais entre atividades artísticas e científicas.”

Nesse sentido, os autores enfatizam um aspecto central para a Engenharia do Conhecimento: a necessidade de abordar as suas práticas como uma ciência experimental, no sentido de fazer avançar o desenvolvimento de um corpo teórico e metodológico, resultando em produtos mais confiáveis e consistentes do que aqueles desenvolvidos com abordagens não científicas ou metodologicamente inconsistentes.

Essa afirmação de Abramson e Ng (1993) é corroborada por uma constatação feita por Schreiber, Wielinga *et al.* (1994, p. 28), no início dos anos 80; época em que a comunidade de IA demonstrava pouco interesse em temas que envolvem o desenvolvimento de metodologias, prevalecendo o paradigma de que a construção de Sistemas Baseados em Conhecimento fosse baseado em técnicas de prototipação rápidas, com pouco enfoque metodológico.

Abramson e Ng (1993) ainda constata, na literatura da época, um pequeno, porém crescente, corpo de literatura dedicada à verificação e à reprodutibilidade de bases de conhecimento que emergiram de comunidades que usam sistemas especialistas e sistemas de apoio à tomada de decisão, o que define um ponto positivo no processo de maturação da Engenharia do Conhecimento, ou dito de outra forma, na evolução de arte para ciência.

Esse fenômeno da evolução da Engenharia do Conhecimento, de arte a ciência, também é observado por Schreiber, Akkermans *et al.* (2002) quando afirmam que, nas décadas de 80 e 90, muitos desenvolvedores e gerentes começaram a realizar abordagens estruturadas para o desenvolvimento de arquiteturas de conhecimento. Além disso, elas se tornaram mais complexas em relação à forma como eram realizadas e integradas aos seus contextos de aplicação e isso é representado cronologicamente, conforme o diagrama a seguir:

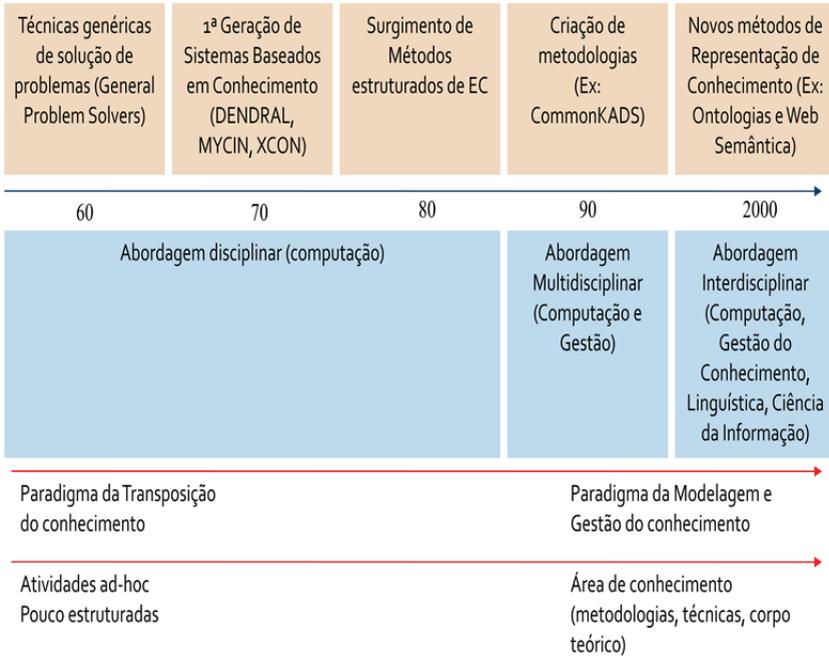


Figura 9 – Evolução dos sistemas de conhecimento, adaptado de Schreiber, Akkermans *et al.* (2002, p.14)

O ‘paradigma de transposição do conhecimento’ refere-se ao entendimento predominante nos primórdios da IA relativo ao desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento (principalmente os Sistemas Especialistas), cujos processos tinham por pressuposto a ‘extração’ de conhecimento de um especialista humano; o ‘paradigma da modelagem do conhecimento’ refere-se a uma nova visão, pela qual esses sistemas são desenvolvidos, com base em processos metodologicamente definidos, caracterizados por abordagens estruturadas, considerando aspectos como contexto de aplicação, fatores de comunicação, entre outros. Essas duas visões são identificadas nos trabalhos de Schreiber, Wielinga *et al.* (1994, p. 28) e de Studer, Benjamins *et al.* (1998, p.162).

De acordo com Studer, Benjamins *et al.* (1998, p.163), a visão da EC, como uma atividade de modelagem do conhecimento, implica as seguintes conseqüências:

- Como todo modelo representa determinados aspectos da realidade, a sua implementação também é apenas a de uma aproximação desta;
- O processo de modelagem é cíclico, pois novas observações podem levar a um refinamento, modificando ou complementando um modelo já construído e essas aquisições adicionais de conhecimento podem ser guiadas pelo próprio modelo;
- O processo de modelagem depende da interpretação subjetiva do engenheiro do conhecimento e, por isso, está sujeito a falhas, sendo indispensável uma avaliação do modelo em relação à realidade.

Verifica-se, então, que a Engenharia do Conhecimento é um campo que emerge, a partir de um conjunto de técnicas aplicadas ao desenvolvimento de sistemas no âmbito da Inteligência Artificial, evoluindo para uma área de conhecimento que contempla preocupações relacionadas aos processos de modelagem, validação, repetição e reúso de modelos e métodos, considerando o conhecimento não mais como um elemento a ser transposto, mas como algo inerente à dinâmica de atividades intensivas em conhecimento.

2.4.5 Metodologias para Engenharia do Conhecimento

Em alinhamento ao princípio desse novo paradigma da EC, surgiram diversos métodos e técnicas para apoiar as atividades relacionadas aos Sistemas Baseados em Conhecimento. No estudo realizado por Dias e Pacheco (2009), no qual se encontra uma importante contribuição, estão referenciadas as principais metodologias usadas nas atividades de EC, cuja compilação é apresentada a seguir:

Metodologias	Características Gerais	Modelo de Ciclo de Vida	Etapas do Processo	Artefatos
CommonKADS	Descreve princípios, técnicas e linguagens de modelagem e documentos estruturados, ênfase no estudo de viabilidade	Clássico e Espiral	1) Análise Contextual 2) Análise Conceitual 3) Projeto	Modelo da Organização Modelo de Tarefa Modelo de Agente Modelo de Conhecimento Modelo de Comunicação Modelo de Projeto Modelos da UML
MAS-CommonKADS	Estende o CommonKADS para modelagem de sistemas multi-agentes, com técnicas de Modelagem Orientada a Objetos	Espiral	1) Conceituação 2) Análise 3) Projeto 4) Codificação e análise de cada agente 5) Integração 6) Funcionamento e manutenção	Modelo de Agente Modelo de Tarefa Modelo da Organização Modelo de Comunicação Modelo de Projeto Modelos da UML
MOKA	Baseada em Modelagem Orientada a Objeto e em metodologias para SBC, tal como KADS	Clássico	1) Identificação 2) Justificativa 3) Captura 4) Formalização 5) Empacotamento 6) Distribuição 7) Introdução 8) Uso	Modelo informal (ilustrações, restrições, atividades, regras e entidades) Modelo formal (modelo do produto e modelo do processo de Projeto)
MIKE	Integra especificações técnicas semiformais e formais, juntamente com	Espiral	1) Elucidação 2) Interpretação 3) Formalização e operacionalização 4) Projeto 5) Implementação	Modelos Informais (Diagrama E-R, DFD, Fluxogramas e Diagrama de

	protótipos em um framework coerente			Transição de Estado) Modelo Semiformal (Modelo MoE) Modelo Forma (Modelo KARL)
IDEAL	Seleção de técnicas de aquisição de conhecimento	Espiral cônico	1) Concepção da solução 2) Aquisição de conhecimento 3) Conceituação	Modelo Conceitual (níveis: estratégico, conceitual e tático)

SPEDE	Conjunto de ferramentas que fornece suporte para reengenharia de processo de negócio	Clássico	1) Concepção 2) Aquisição do Conhecimento 3) Projeto 4) Análise 5) Implementação	Templates Ontologias
VITAL	Baseada na metodologia KADS	Clássico	1) Especificação de requisitos 2) Construção do modelo conceitual 3) Identificação de tarefa 4) Construção dos modelos de projeto 5) Implementação	Especificação de requisitos; Modelo Conceitual; Modelos de Projeto (projeto funcional e projeto técnico) Componentes de software da aplicação
OTK (On-To-Knowledge)	Baseada em CommonKADS, centrada na noção de um	Espiral	1) Estudo de viabilidade 2) Desenvolvimento	Modelo da Organização Lista de questões

	<i>produto de processo</i>		o de Ontologia (kickoff) 3) Refinamento 4) Avaliação 5) Implementação	Hierarquia taxonômica (ontologia) Modelos da UML
XP.K (eXtreme Programming of Knowledge-Based Systems)	Aplica os princípios fundamentais de XP à modelagem de conhecimento	Espiral	1) Aquisição de conhecimento 2) Desenvolvimento do Sistema	Modelos da UML Ontologias

Quadro 5 - Sumário das características das metodologias para SBC - Dias e Pacheco (2009)

Nesta tese, a metodologia escolhida como ponto de partida para apoiar o processo de modelagem de conhecimento é a CommonKADS, criada por Schreiber, Akkermans *et al.* (2002), pelas seguintes razões:

- É uma metodologia que tem suporte para modelar elementos de contexto, ligados ao funcionamento da organização. Nesse sentido, ela é adequada para contextos de Gestão do Conhecimento nos moldes de Choo (2006) e Nonaka e Takeuchi (2004);
- Contempla a modelagem dos ativos de conhecimento e seus fluxos, possibilitando o detalhamento no nível de concepção de uma solução baseada em um SBC;
- Não é dependente de um padrão tecnológico; nesse sentido, pode ser usada para criar modelos de sistemas baseados em conhecimento especializados e facilitar a escolha de opções de implantação.

Essa metodologia surgiu da necessidade de se construir sistemas de conhecimento, em larga escala, de forma estruturada, controlável e repetível, apresentando uma abordagem, para a engenharia do conhecimento, coerente com uma visão complexa (abrangente e com profundidade) do contexto organizacional. O CommonKADS é estruturado como se segue:

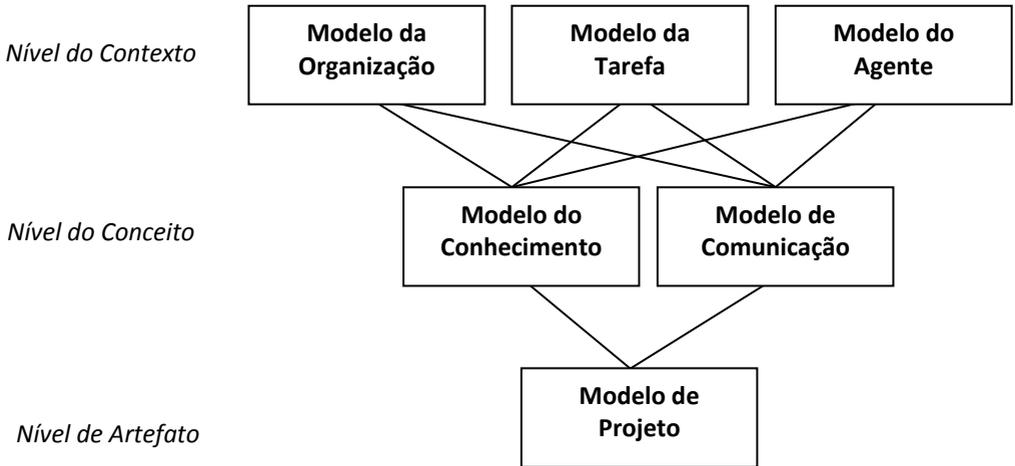


Figura 10 - Visão Geral do Modelo CommonKADS elaborado por Schreiber, Akkermans *et al.* (2002, p.18)

Modelo da Organização. Suporta a análise das principais características da organização, com o objetivo de descobrir problemas e oportunidades para sistemas de conhecimento, estabelecer sua viabilidade e dimensionar o impacto na organização das ações de conhecimento pretendidas;

Modelo da Tarefa. Tarefas são partes relevantes de um processo de negócio. O modelo de tarefa analisa o layout da tarefa global, suas entradas, saídas, condições e critérios de desempenho, bem como recursos e competências necessárias;

Modelo de Agente. Agentes são os executores de uma tarefa. Um agente pode ser humano, um sistema de informação ou qualquer outra entidade capaz de realizar uma tarefa. O modelo de agente descreve as características dos agentes, em particular suas competências, autoridades e restrições no agir. Além disso, relaciona os vínculos de comunicação entre agentes necessários para a execução de uma tarefa;

Modelo de Conhecimento. O propósito do modelo de conhecimento é explicar, em detalhes, os tipos e estruturas de

conhecimento utilizados para realizar uma tarefa. Provê uma descrição independente de implementação do perfil dos diferentes componentes de conhecimento na resolução de problemas, de forma compreensível por seres humanos. Isso torna o modelo de conhecimento um importante meio à comunicação com especialistas e usuários sobre os aspectos da resolução do problema de um sistema de conhecimento, tanto no desenvolvimento como na execução;

Modelo de Comunicação. Dado que muitos agentes podem estar envolvidos em uma tarefa, é importante modelar as transações de comunicação entre eles. Isso é feito pelo modelo de comunicação, de forma independente de implementação ou de conceito, conforme o modelo de conhecimento;

Modelo do Projeto. Os modelos anteriores podem ser vistos como constituintes dos requisitos de especificação de um sistema de conhecimento, dividido em diferentes aspectos. Baseado nesses requisitos, o modelo de projeto fornece a especificação técnica do sistema em termos de arquitetura, plataforma de implementação, módulos de software, representações e mecanismos computacionais necessários na implementação das funções descritas nos modelos de comunicação e conhecimento.

2.4.6 Sistemas Baseados em Conhecimento

Na literatura, é possível encontrar diferentes enunciados para o conceito de Sistema Baseado em Conhecimento, mas com características comuns, a exemplo dos seguintes:

Segundo Brachman e Levesque (2004, p.7), o que define um Sistema Baseado em Conhecimento não é somente o uso de formalismos lógicos, mas a presença de uma Base de Conhecimento, ou seja, uma coleção de estruturas simbólicas representando as crenças e regras durante a operação desse sistema.

Kendal e Creen (2007, p.21) definem um Sistema Baseado em Conhecimento como ‘programas de computador que são projetados para emular o trabalho de especialistas em áreas específicas do conhecimento’

Schreiber, Akkermans *et al.* (2002) afirmam que o termo Sistema Baseado em Conhecimento tem sido usado, por muito

tempo, para designar sistemas com arquiteturas que tem dois componentes principais: um mecanismo de inferência e uma base de conhecimento. A diferença, na visão desses autores, é que esse termo tem sido substituído por outro “mais neutro”, denominado *Sistemas de Conhecimento*. Isso parte do pressuposto de que todo sistema contém algum tipo de conhecimento; a principal distinção está no fato de que tais sistemas usam representações explícitas de conhecimento incluídas em sua arquitetura; o que requer a necessidade de técnicas especiais de modelagem.

O conceito adotado, nesta Tese, é o de Schreiber, Akkermans *et al.* (2002), pois ele caracteriza melhor o fato de que um Sistema Baseado em Conhecimento, para ser reconhecido como tal, precisa de processos de modelagem que permitam usar representações explícitas de conhecimento.

2.4.7 Desenvolvimento de Ontologias como aplicação da Engenharia do Conhecimento

A partir da revisão da literatura realizada neste trabalho, conclui-se que a Engenharia do Conhecimento tem, como principal atividade, a modelagem e o desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento. Nesta seção, apresentaremos uma discussão sobre um artefato de representação de conhecimento muito utilizado na atualidade – as Ontologias – contextualizando suas definições, oriundas da área da Ciência da Computação e no âmbito da Engenharia do Conhecimento, principais métodos e técnicas de construção e uma discussão acerca do conceito empregado por essa área.

A origem do termo Ontologia é da área da Filosofia e pode ser entendida como uma teoria da natureza e relações do ser, na qual as substâncias interagem de várias maneiras para produzir objetos que diferem em propriedades como quantidade, qualidade, tempo, posição e condição de ação.

No âmbito da Ciência da Computação, esse conceito foi apropriado para designar um artefato resultante de processos de Engenharia de Conhecimento, e é enunciado por John Sowa como um “catálogo de tudo que constitui tal mundo, como tudo é colocado

e como tudo funciona”. Em outras palavras, esse enunciado ‘especializa’ o conceito de Ontologia.

Gruber (1993, p.199) definiu ontologia como “uma especificação explícita de uma conceitualização”. Borst (1997, p.12) complementou esta definição, apresentando-a da seguinte forma: “Ontologias são definidas como uma especificação formal de uma conceitualização compartilhada”. Num trabalho posterior, Studer, Benjamins *et al.* (1998, p.184) afirmam que a essência da idéia de ontologia é definida nos conceitos anteriores e é detalhada, por eles, como segue:

‘Conceitualização refere-se a um modelo abstrato de algum fenômeno no mundo por identificar conceitos relevantes daquele fenômeno. ‘Explícito’ significa que o tipo de conceito usado e as restrições para seu uso são explicitamente definidas. [...] ‘Formal’ refere-se ao fato de que a ontologia deve ser legível por computador, o que exclui a linguagem natural. ‘Compartilhado’ reflete a noção de que uma ontologia captura conhecimento consensual, ou seja, que não é particular a um indivíduo, mas é aceito por um grupo.

No entendimento de Guarino (1998), o termo ‘ontologia’ é um nome que tem sido usado para significar o conjunto de atividades familiares a processos de análise conceitual e modelagem de domínios, suportadas por metodologias conhecidas em outros campos de atuação da Computação. Studer, Benjamins *et al.* (1998, p. 184) vão mais além, quando afirmam que o conceito de ontologia por vezes se perde, confundido-se com outros tipos de artefatos de representação, como as taxonomias.

Em virtude dessa constatação, realizada a partir do exame da literatura sobre ontologias, Guarino (1998) defende que a construção de ontologias deve ser um processo interdisciplinar, onde a filosofia e a lingüística exerçam um papel fundamental na análise da estrutura de um domínio da realidade, com alto nível de clareza de linguagem e expressividade. O autor procura definir, com transparência, o uso do termo ontologia, caracterizando-a no âmbito da EC na seguinte forma:

Uma ontologia é uma teoria lógica sobre o *significado pretendido* de um vocabulário formal³ com um *compromisso ontológico* para uma *conceitualização* específica do mundo real. Os modelos projetados de uma linguagem lógica que usa este vocabulário são restritos por este compromisso ontológico. Uma ontologia reflete indiretamente este compromisso (e a conceitualização subjacente) pela aproximação destes modelos.

As noções de *compromisso ontológico* e de *significado pretendido de um vocabulário formal* também são identificadas na perspectiva de Representação do Conhecimento encontrada na área da Ciência da Informação, como se pode observar nos trabalhos de Campos (2004), Sales e Café (2008) e Ramalho, Vidotti *et al.* (2007).

Esse argumento pela abordagem interdisciplinar na construção de ontologias é uma evidência da evolução das abordagens de Engenharia de Conhecimento, resultante da reflexão sobre a necessidade de adotar e desenvolver abordagens com caráter científico (ver figura 1).

O desenvolvimento de uma ontologia não é algo trivial; demanda competências e recursos para efetivar, de forma satisfatória, o processo de representação do conhecimento do domínio. Assim, a abordagem sistemática do domínio é uma forma para compreendê-lo adequadamente e torná-lo explícito, de maneira que a ontologia, no seu escopo de aplicação, atenda às demandas de conhecimento para as quais foi projetada.

De acordo com Gruber (1995, p.909)

“Ontologias formais são projetadas. Quando escolhemos como representar algo em uma ontologia, estamos tomando uma decisão de projeto. Para orientar e avaliar nossos projetos, necessitamos de critérios objetivos que fundamentem o propósito do artefato resultante, ao invés de basear-nos em noções *a priori*”.

³ O autor acrescenta uma nota afirmando que por vocabulário entende-se não somente um léxico pré-definido mas, por exemplo, um protocolo de comunicação entre agentes.

Na visão do autor, o desenvolvimento de ontologias deve ser pautado pelas seguintes diretrizes:

- Clareza: a ontologia deve, com efetividade e objetividade, explicar os significados nela definidos;
- Coerência: os conceitos declarados devem ser consistentes, bem como a estrutura lógica dos seus axiomas;
- Extensibilidade: o projeto de uma ontologia deve antecipar a possibilidade de expansão e reúso por meio do seu compartilhamento;
- Mínimo viés de codificação: a conceitualização deve ser especificada no nível do conhecimento, sem depender de um padrão particular de codificação;
- Mínimo compromisso ontológico: a ontologia deve possuir um compromisso ontológico com o objeto representado, de forma suficiente, a fim de que seja compartilhada e usada novamente. O grau de comprometimento ontológico depende, também, dos itens anteriores.

Para Gomez-Perez, Corcho *et al.* (2004), as atividades relacionadas ao processo de desenvolvimento de ontologias, seu ciclo de vida, metodologias, ferramentas e linguagens para sua compilação definem o que os autores denominam de Engenharia de Ontologias.

Esta perspectiva do desenvolvimento de ontologias como uma atividade de engenharia surgiu nos anos 90, segundo Gomez-Perez, Corcho *et al.* (2004, p.107), a partir do desejo da comunidade da Inteligência Artificial e Engenharia do Conhecimento, expressa durante o primeiro Workshop de Engenharia de Ontologias, realizado em conjunto com a 12ª Conferência Europeia de Inteligência Artificial que tinha por objetivo a exploração dos princípios, melhores práticas e definição de metodologias para desenvolver e avaliar ontologias.

Podemos observar que, também nos anos 90, ocorre o surgimento de metodologias para o desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento, o que não é uma coincidência fortuita,

mas um indicador de que a comunidade da Ciência da Computação estava buscando o avanço das práticas e teorias nesses campos de atuação.

Ainda segundo Gomez-Perez, Corcho *et al.* (2004), nessa época se verifica o surgimento de diversas metodologias para o desenvolvimento de ontologias, entre as quais podemos citar: Método CYC, criada pela empresa Computer Technology Corporation, baseada numa linguagem que combinava descrição por *frames* (similar às descrições utilizadas em sistemas especialistas) e lógica de predicados; a experiência do projeto TOVE, desenvolvido na Universidade de Toronto, que era inspirada no desenvolvimento de bases de conhecimento usando lógica de primeira ordem. O processo era iniciado pela formulação de *questões de competência*, usadas para determinar o escopo da ontologia e, também, identificar conceitos e suas propriedades, relações e axiomas, que então eram expressas em lógica de primeira ordem; a experiência do projeto KACTUS usava um ciclo de desenvolvimento que consistia nas seguintes etapas: especificação da aplicação, projeto preliminar das categorias e o refinamento e estruturação da ontologia; METHONTOLOGY, que consiste nas seguintes etapas: construção de um glossário de termos; construção da taxonomia de conceitos; elaboração de diagramas de relações entre os conceitos; estruturação dos conceitos; descrição dos atributos dos conceitos; descrição de axiomas e regras que usam os conceitos estruturados e, por fim, descrição dos indivíduos (seres do mundo real, categorizados na estrutura da ontologia).

Nos dias atuais, é possível encontrar estudos no âmbito da Engenharia de Ontologias, a exemplo do trabalho de Rautenberg (2009), que é um caso de importante contribuição teórica recente no âmbito da Engenharia do Conhecimento.

2.4.8 Base de Conhecimento

Uma Base de Conhecimento é um artefato de Engenharia de Conhecimento que reúne a representação do conhecimento no domínio de aplicação, de maneira formal, clara, com escopo e aplicação bem definidos, permitindo seu uso em processos de inferência.

Assim, as Ontologias se constituem uma forma de criar Bases de Conhecimento utilizáveis por SBCs. Os elementos constituintes de uma Ontologia para construir Bases de Conhecimento aplicáveis ao Modelo proposto, nesta Tese, são:

- *Classes*: coisa ou categoria de algo do mundo real expresso na forma de um Conceito;
- *Atributos* ou *Propriedades*: elemento descritivo ou característica da Classe;
- *Restrições*: limites de valores ou de tipos aplicáveis às Propriedades;
- *Relações*: relação semântica ou vínculo de alguma natureza entre duas Classes;
- *Axiomas*: São sentenças consideradas válidas, estruturadas como regras que combinam classes, restrições, indivíduos e são usadas em processos de inferência.
 - Ex: Sintoma(a) ^ Sintoma(b) ^ Agente(x) ^ Via de Contato(y,x) => PossívelIntoxicacaoPrincipioAtivo(z)
 - (Se o Sintoma A e o Sintoma B se manifestam, após o uso do Agente X pela Via de Contato Y, então há provável intoxicação pelo Princípio Ativo Z)

2.5 Considerações Finais

A premissa de que uma das principais condições para o desenvolvimento socioeconômico está na geração do conhecimento científico, na inovação tecnológica e na formação de recursos humanos para a ciência e tecnologia é algo atual e tem motivado, como se pode observar na história recente da ciência no Brasil, mudanças significativas em C,T&I, acompanhando uma tendência claramente marcada pelo desenvolvimento econômico de países geradores de tecnologias, bens e serviços altamente competitivos. Estas mudanças demandaram esforços permanentes no aprimoramento de modelos de gestão, crescentes investimentos na formação de pessoas, o crescimento do sistema de inovação, todos no âmbito de C,T&I.

Para citar um exemplo recente, publicado pelo CGEE, no livro *Nova geração de política em ciência, tecnologia e inovação'* Velho (2010, p.14) afirma que:

Essa falta de conhecimento para informar a tomada de decisão em PCTI é sentida de maneira geral em todos os países que investem seriamente em tais atividades – a base científica do nosso conhecimento sobre os fatores subjacentes à inovação e às descobertas científicas precisa ser fortalecida. Sem uma compreensão dos mecanismos da descoberta e da inovação, tentativas de mudar o ambiente que dá suporte a esses desenvolvimentos - por exemplo, criação de novas ferramentas e modificações em programas de treinamento de capital humano - são arriscadas e provavelmente serão pouco eficientes.

Esse contexto é essencial para o trabalho do Engenheiro de Conhecimento que, ao passo que define os processos de construção de um SBC, também deve modelar, de forma necessária e suficiente, os elementos desse contexto, conferindo *contexto* e *propósito*.

Sob a perspectiva da Engenharia e Gestão do Conhecimento, observa-se, em suas metodologias, um amplo espaço para o desenvolvimento de produtos aplicáveis nas atividades de planejamento de C,T&I, pois tal área já alcançou maturidade para isso.

Nesse sentido, observa-se que a continuidade da evolução da Engenharia do Conhecimento dependerá, cada vez mais, de uma interlocução de diferentes saberes, especialmente com as áreas da Ciência da Informação e com as Ciências da Cognição, dada a complexidade do seu principal objeto: o Conhecimento.

Estas e outras questões se apresentam no contexto desta tese. No entanto, não se tem a pretensão de proporcionar respostas a todas elas, mas de evidenciar a necessidade de abordá-las cientificamente, oferecendo uma contribuição real para o avanço de suas soluções.

3 O Modelo de Sistema Baseado em Conhecimento para C,T&I

3.1 Estrutura deste Capítulo

Como se pode verificar no Capítulo anterior, a construção de um Sistema Baseado em Conhecimento deve seguir orientações e processos de Engenharia de Conhecimento, objetivando nortear a criação de artefatos com as seguintes diretrizes:

- Consistência e coerência com seus domínios de aplicação;
- Nível mínimo de generalização dos processos de construção, de maneira a permitir o reaproveitamento em situações estruturalmente análogas;

Assim, este Capítulo é iniciado com a apresentação de uma visão geral da estrutura do Modelo, que mostra os níveis, componentes, papéis e relações que definem a integração das atividades de construção de um Sistema Baseado em Conhecimento para C,T&I. Em seguida, esses níveis são detalhados com a exposição dos recursos para viabilizar os processos de Engenharia do Conhecimento.

3.2 Visão geral do Modelo

A estrutura do Modelo foi concebida e representada em KMDL. Trata-se de linguagem para diagramação que oferece recursos na modelação de processos intensivos em conhecimento, na forma de seqüências de tarefas, mapeando os fluxos de conhecimento aí envolvidos.

Ela é definida num contexto no qual a organização depende da gestão dos seus ativos de conhecimento para conseguir, por exemplo, lidar com mercados dinâmicos, realizar ciclos de produção menores, atuar de forma inovadora, entre outras condições de atuação no mercado que exigem condições para a manutenção de sua competitividade.

Assim, a KMDL tem foco nos processos intensivos em conhecimento e a sua modelagem é realizada conjuntamente com a

modelagem dos processos de negócio, de acordo com Gronau, Müller *et al.* (2004); o conceito de conhecimento é o mesmo definido por Nonaka e Takeuchi (2004) que o distinguem em duas categorias: *Conhecimento Tácito*, referente ao conhecimento procedural, pessoal, vinculado a um contexto, difícil de ser formulado e comunicado, construído com a experiência do indivíduo; *Conhecimento Explícito*, que é o conhecimento declarativo, transmissível em linguagem formal e sistemática, possibilitando, ao indivíduo, o entendimento e a compreensão de algo sobre determinados fatos e eventos.

O conceito de processo intensivo em conhecimento, segundo Gronau, Müller *et al.* (2004), é caracterizado pela dependência do conhecimento como fator de transformação e de agregação de valor, pelo alto nível de comunicação entre indivíduos envolvidos; possui etapas *criativas* e *inovativas*; os elementos ou pessoas que o compõem tem diferentes níveis de conhecimento e de diferentes áreas.

A KMDL é composta por meio de elementos gráficos para realizar a diagramação daquelas tarefas intensivas em conhecimento e são apresentados a seguir:

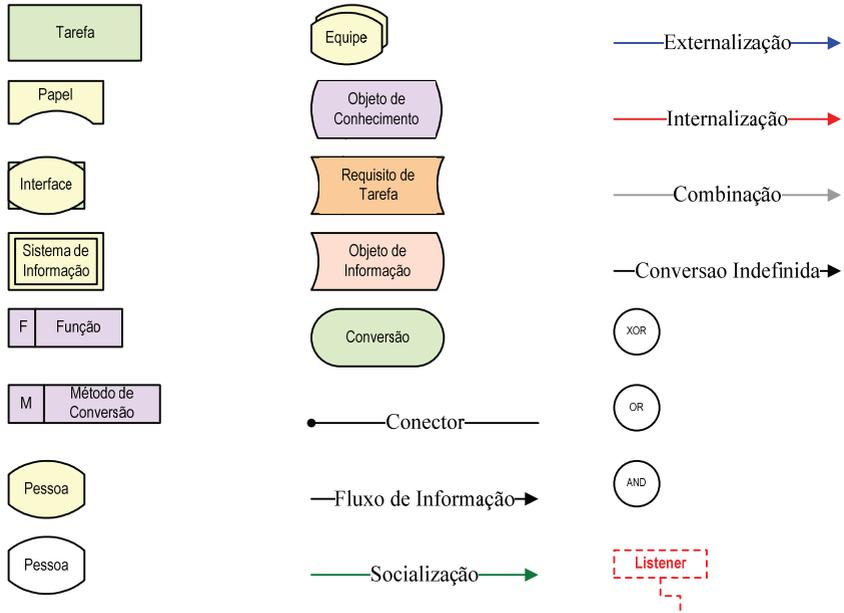


Figura 11 - Elementos da KMDL versão 2.1

O símbolo *Objeto de Informação* é a base para criar novos conhecimentos; pode ser obtido ou externalizado com relativa facilidade e armazenado em documentos ou transformado em dados; o símbolo *Objeto de Conhecimento* representa um conhecimento que está associado a uma pessoa; as setas coloridas representam os fluxos de conhecimento e suas transformações, na forma definida por Nonaka e Takeuchi (2004). O símbolo *Pessoa* refere-se a um agente humano no contexto modelado, *Equipe* e *Papel* são, respectivamente, grupos e papéis associados às pessoas. A seguir, é apresentado um diagrama em KMDL que mostra a visão geral do Modelo:

Visão da Modelagem do SBC

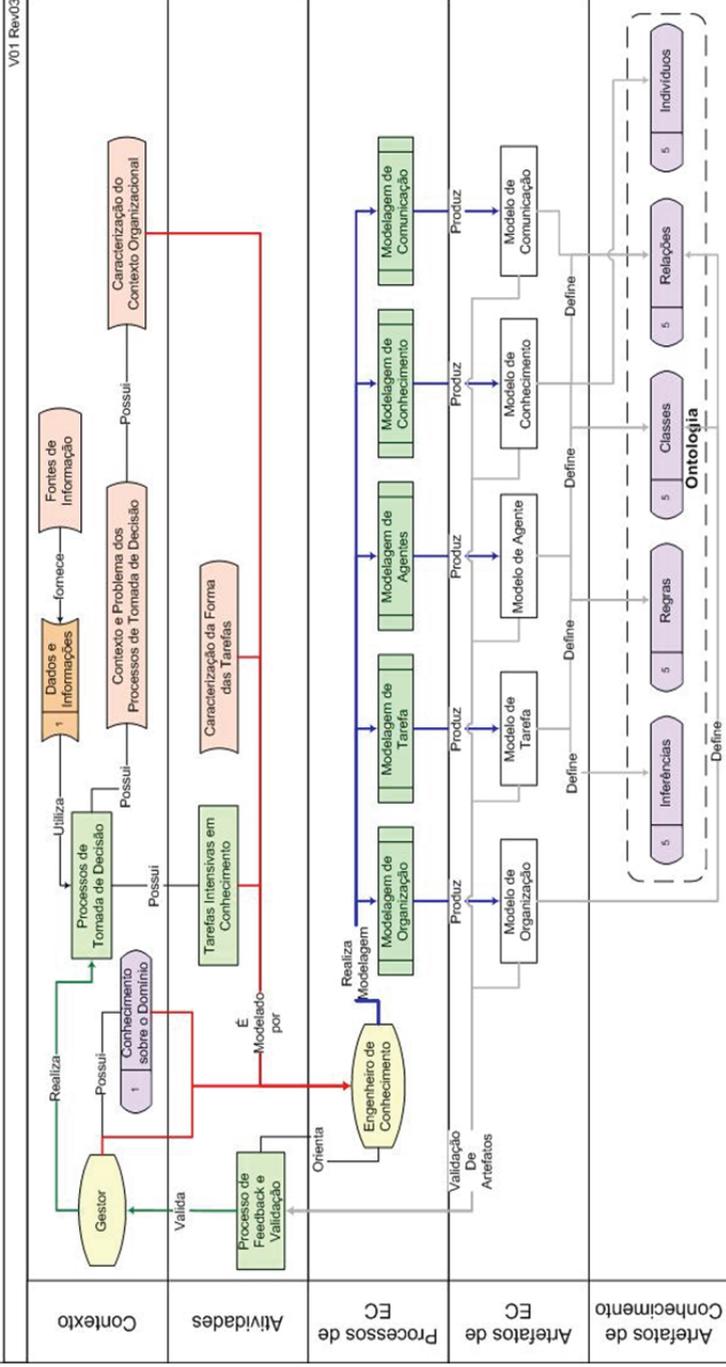


Figura 12 - Visão geral do Modelo proposto

A criação de um SBC, na forma do Modelo proposto, é organizada em cinco níveis que definem a categoria dos elementos e os contextos de atuação dos agentes de conhecimento, constituindo, assim, uma arquitetura para a orientação dos processos de Engenharia do Conhecimento que tornarão possível a sua criação.

Esses cinco níveis são descritos a seguir:

- a) Contexto: nível em que se situam os elementos que possibilitam a compreensão da problemática e contexto, envolvidos com o processo de tomada de decisão realizado pelo Gestor, com descrições textuais sobre o Projeto que ele está envolvido, sobre os recursos disponíveis (fontes de informação, estudos, entre outros), os conhecimentos e/ou competências do Gestor, sempre relacionados ao processo de tomada de decisão;
- b) Atividades intensivas em Conhecimento: nível no qual estão descritas as atividades intensivas em conhecimento, associadas ao processo de tomada de decisão, descrevendo os propósitos e objetivos dessas atividades, bem como os seus insumos e resultados;
- c) Processos de Engenharia de Conhecimento: é a definição dos instrumentos (métodos e técnicas) que o Engenheiro de Conhecimento utilizará para explicitar e modelar os elementos, presentes nos níveis anteriores, necessários à produção dos Artefatos de Conhecimento que o SBC usará;
- d) Artefatos de EC: são os produtos obtidos a partir da aplicação dos instrumentos de EC que o Engenheiro de Conhecimento empregará para: a) realizar os processos de validação junto ao Gestor; b) construir os elementos do nível de Artefatos de Conhecimento;
- e) Artefatos de Conhecimento: é o conhecimento explícito, obtido a partir dos níveis anteriores, codificado na forma de elementos de uma ontologia e utilizáveis por um Sistema Baseado em

Conhecimento na produção de conhecimento, através de fontes de informação que apoiará o processo de tomada de decisão.

3.3 Nível 1: Contexto

Fontes de informação: são recursos que oferecem informação estruturada para sustentar o processo de tomada de decisão realizado pelo Gestor. Nesse modelo, são caracterizadas pelas ferramentas de BI, ou ainda, compilações realizadas a partir de bancos de dados operacionais na forma de *datamarts* que oferecem tais informações. Essas fontes se constituem num dos requisitos para a realização do processo de tomada de decisão e são apropriadas por este Modelo.

Caracterização do Contexto Organizacional: é a descrição das características da organização, na qual se realizam os processos de tomada de decisão.

Contexto e Problema dos Processos de Tomada de Decisão: são as variáveis que compõem sua problemática e contexto e que podem caracterizar-se como elementos constitutivos de condições ou restrições para o Sistema Baseado em Conhecimento a ser construído com base neste Modelo.

Conhecimento sobre o Domínio: são os elementos de conhecimento, apropriados pelo Gestor ou identificados como pressupostos inerentes aos processos de tomada de decisão, que poderão ser modelados para compor o conjunto de artefatos de conhecimento de um SBC, construído com base neste Modelo.

Gestor: é o agente de conhecimento que realiza as tarefas intensivas em conhecimento, qualificadas como tarefas de avaliação, diagnóstico, planejamento, entre outras. Ressalta-se que o tipo de tarefa objeto, neste Modelo, é a de planejamento.

Os componentes do Nível de Contexto são essenciais e norteadores para o processo de Engenharia do Conhecimento, pois estabelecem o contexto e elementos relacionados à Gestão do Conhecimento necessários para sua realização.

3.4 Nível 2: Atividades Intensivas em Conhecimento

Tarefas Intensivas em Conhecimento: constituem-se o principal componente nesse Nível; a partir da sua caracterização e modelagem, viabiliza-se a construção dos elementos fundamentais para o SBC.

Caracterização da Forma das Tarefas: são os recursos ou instrumentos que formalizam processos das tarefas intensivas em conhecimento, por exemplo, um diagrama de causa e efeito ou um plano de ação, representado na forma 5W1H.

Processo de Feedback e Validação: é a atividade pela qual o Engenheiro de Conhecimento confrontará os resultados nos níveis de Processos de EC e Artefatos de EC, com as definições formalizadas nos níveis de Contexto e Atividades, possibilitando eventuais ajustes nesses artefatos.

3.5 Nível 3: Processos de Engenharia do Conhecimento

Nesse nível, são definidos os instrumentos e processos para a realização das atividades de Engenharia do Conhecimento. Tais recursos têm origem na literatura, a partir da adaptação da metodologia CommonKADS e são agregados para oferecer, ao Engenheiro de Conhecimento, os meios à criação dos Artefatos de Engenharia de Conhecimento e os Artefatos de Conhecimento.

3.5.1 Modelagem de Organização

A Modelagem da Organização utiliza os instrumentos da metodologia CommonKADS na identificação das características organizacionais, problemas e oportunidades; reconhece elementos do Contexto e Problema dos Processos de Tomada de Decisão. Essa modelagem é realizada com o apoio das planilhas de coleta de informações, OM-1 a OM-4, como se observa na Visão Geral do Modelo de Organização e nas respectivas planilhas:

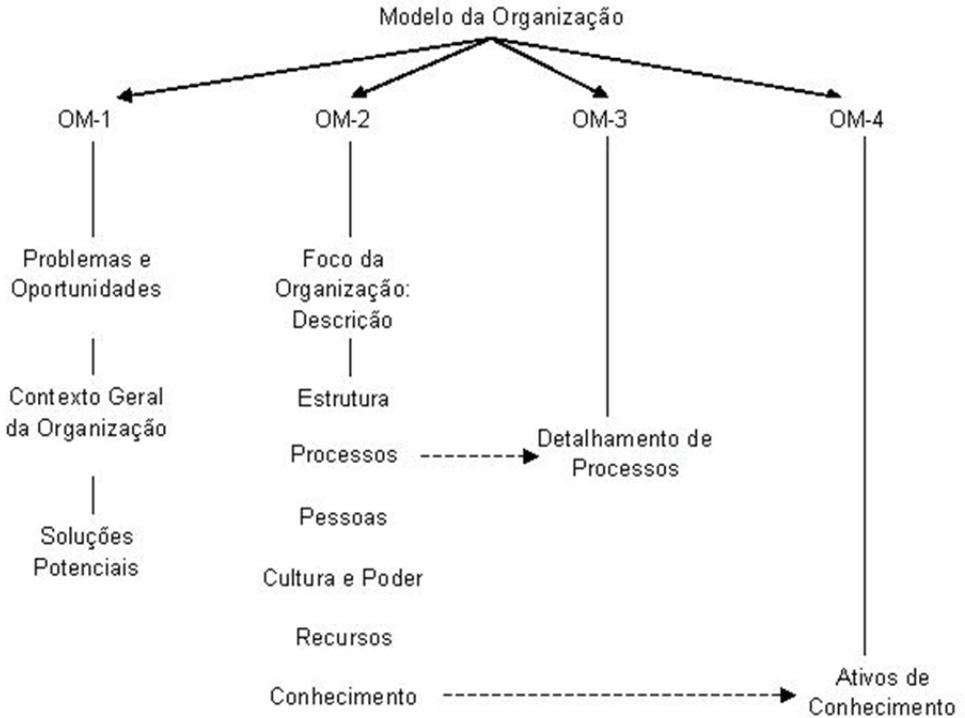


Figura 13 - Visão Geral da Modelagem de Organização (Schreiber, Akkermans et al. , 2002)

O processo de Modelagem da Organização resulta num conjunto de elementos que permitem, ao Engenheiro de Conhecimento, a análise do contexto de aplicação do SBC, a decisão pela sua construção ou a indicação de alguma outra solução mais apropriada, por meio da formação de uma visão geral do contexto organizacional, dos processos e suas relações, recursos, elementos de cultura organizacional e sobre os ativos de conhecimento.

Neste Modelo, a Modelagem da Organização permitirá explicitar os fatores e insumos relacionados ao processo de tomada de decisão, proporcionando, ao Engenheiro de Conhecimento, os

elementos necessários para decidir os percursos da construção do SBC, e isto é feito por meio da aplicação das Planilhas OM-1 a OM-4.

Modelo da Organização	Planilha de Problemas e Oportunidades – OM-1
Problemas e Oportunidades	<ul style="list-style-type: none">• Identificar limitações das fontes de informação• Identificar fatores que dificultam o processo de tomada de decisão (acesso à informação, fatores de tempo, disponibilidade de dados ou estudos)
Contexto Organizacional	<ul style="list-style-type: none">• Missão, objetivos e valores da organização;• Estratégias e Políticas de Ciência e Tecnologia• Planos para o desenvolvimento de C,T&I
Soluções	<ul style="list-style-type: none">• Identificar soluções para as limitações das fontes de informação, e para o processo de tomada de decisão. Essa identificação é crítica, pois essas fontes são um requisito para a construção do SBC

Quadro 6 - Planilha OM-1 aplicada ao Modelo

Nas planilhas OM-1 e OM-2 são registrados os elementos dos Níveis de Contexto e Atividades que serão usados para a caracterização dos artefatos elaborados nos Níveis de Artefatos de EC e Artefatos de Conhecimento.

Modelo da Organização	Planilha de Aspectos Variantes – OM-2
Estrutura	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição ou Organograma da organização ou parte dela
Processo	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição dos processos intensivos em conhecimento envolvidos no Processo de Tomada de Decisão (Nível Contexto)
Pessoas	<ul style="list-style-type: none"> • Pessoas envolvidas com o Processo de Tomada de Decisão
Recursos	<ul style="list-style-type: none"> • Fontes de Informação (estudos, plataformas de BI, sistemas de informação gerencial) • Documentos com estudos ou diagnósticos com informação que pode ser definida como restrições ou pressupostos; <p>Aqui os recursos são apenas citados e devem ser detalhados na planilha TM-1</p>
Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> • Conhecimento sobre estratégias para evidenciar as demandas que realmente irão atender as necessidades das atividades institucionais.
Cultura e Poder	<ul style="list-style-type: none"> • Direcionamentos de natureza política, financeira para alguma Área de Conhecimento, ou ainda, relações de poder estabelecidas pelas fontes de informação.

Quadro 7- Exemplo de Planilha que registra os elementos dos Níveis Contexto e Atividades

Na planilha OM-2, o Engenheiro de Conhecimento deverá descrever:

- ‘Estrutura’: os elementos da estrutura organizacional relacionados ao Gestor e às instâncias envolvidas no Processo de tomada de decisão;
- ‘Processo’: relação dos processos intensivos em conhecimento, associados ao Processo de Tomada de Decisão, representados em KMDL. Vale ressaltar que, em princípio, qualquer tipo de tarefa intensiva pode ser

modelada, mas o Modelo proposto, nesta tese, prevê a modelagem de tarefas de planejamento;

- ‘Pessoas’: Agentes ou atores envolvidos nos processos;
- ‘Recursos’: São os insumos de informação usados pelas tarefas intensivas em conhecimento, com detalhamento da forma de acesso, tecnologias, nomes de campo ou padrão de meta-dados;
- ‘Conhecimento’: insumos de conhecimento, relacionados para posterior descrição em OM-4;
- Cultura e Poder: variáveis de natureza política, como pressupostos de análise ou direcionamentos de conclusões que se tornarão premissas, regras ou restrições no Nível de Artefatos de Conhecimento.

Após a identificação dos principais aspectos da organização (OM-1) e demais elementos presentes nos Níveis de Contexto e de Atividades (OM-2), o Engenheiro de Conhecimento seguirá o detalhamento dos processos na planilha OM-3:

Modelo da Organização		Planilha de Detalhamento de Processos – OM-3				
N o	Tarefa	Realizada Por	On de	Ativo de Conhecimento	Intensivo	Relevância
1	Escolha de Fontes de informação	Gestor	Local	<i>Datamart</i> com a população de pós-graduados nas Engenharias e Ciência da Computação	Sim	4 (0 a 5)

Quadro 8 – Exemplo da Planilha com Detalhamento das Tarefas (OM-3)

Por meio dessa planilha, é possível observar como o conhecimento é utilizado e o quão intensivas em conhecimento são essas tarefas, possibilitando, ao Engenheiro de Conhecimento, decidir como e com que prioridade aquelas serão tratadas na construção do SBC.

Uma informação dessa planilha que merece destaque é a classificação de Relevância da Tarefa; o Engenheiro de Conhecimento pode criar uma escala numérica, qualificada por critérios definidos a partir do Nível de Contexto. No caso do domínio de C,T&I, esses critérios podem ser definidos a partir da complexidade e do quão crítica é a tarefa para o Processo de Tomada de Decisão.

Por fim, na Planilha OM-4 são registrados os ativos de conhecimento que serão usados na Modelagem de Tarefa e Modelagem de Conhecimento, possibilitando, então, a produção dos Artefatos nos Níveis 4 e 5.

Modelagem da Organização		Planilha de Ativos de Conhecimento – OM-4				
Ativo de Conhecimento	Possuído por	Usado em:	Forma Correta?	Lugar Correto?	No tempo correto?	Qualidade correta?
<i>Datamart</i> com a população de pós-graduados nas Engenharias e Ciência da Computação	Plataforma Lattes	Processo 1	Não. Informações dispersas na forma de dados	Sim	Não. Necessitam de compilação prévia	Não.

Quadro 9 - Exemplo da Planilha de Ativos de Conhecimento (OM-4)

Neste momento, o Engenheiro de Conhecimento deve possuir os elementos necessários para encaminhar a decisão pela construção ou não do SBC. Os elementos subsequentes (Modelagem de Tarefa, Agentes, Conhecimento e Comunicação) somente serão construídos caso se decida pela elaboração do SBC.

3.5.2 Modelagem de Tarefa

O conceito de Tarefa, na visão de Schreiber, Akkermans *et al.* (2002) está relacionado a algum processo (é uma subparte deste) que possui as seguintes características:

- É orientada ao objetivo e possui capacidade de agregar valor;
- Trata seus *inputs* de forma estruturada e controlada, de maneira a entregar os *outputs* desejados;
- Consome recursos (entre eles informação e conhecimento);
- Possui critérios de qualidade para a sua realização;
- É realizada por Agentes

As tarefas identificadas na Modelagem da Organização devem ser descritas em duas planilhas, denominadas TM-1 e TM-2, com os seguintes objetivos:

- Visualizar a capacidade agregadora de valor ao processo que a tarefa pertence;
- Visualizar dependências entre tarefas
- Mapear os *inputs* e *outputs* dessas tarefas;
- Mapear quem realiza as tarefas e os insumos utilizados na execução;
- Registrar conhecimentos e competências necessários à realização da tarefa

Modelagem de Tarefas	Planilha de Análise de Tarefa - TM-1
Tarefa	Identificador da Tarefa registrado na Planilha OM-3
Organização	Indica o processo do qual esta tarefa é parte
Objetivo e Valor	Descrição do Objetivo da tarefa e o valor agregado pelo processo ao qual esta tarefa é vinculada
Dependências e Fluxo	Tarefas que fornecem <i>inputs</i> para esta tarefa e Tarefas que dependem dos <i>outputs</i> desta tarefa
Gestão de Objetos	Objetos de entrada e saída: itens de informação e/ou conhecimento usados/gerados por esta tarefa Objetos internos: informação ou conhecimento internos à tarefa, necessários à sua execução
Tempo e Controle	Restrições para execução: condições para que a tarefa seja executada e critérios de resultado quando a tarefa for executada; Relação de frequência de execução e fluxos de controle externos
Agentes	Pessoas ou Sistemas presentes em OM-2 e OM-3 responsáveis pela execução da tarefa
Conhecimentos e Competências	Listar aqui Competências e Habilidades para realizar a tarefa com sucesso. Indicar quais elementos são intensivos em conhecimento Para os itens de conhecimento envolvidos, há uma planilha separada denominada TM-2.
Recursos	São recursos que a tarefa consome para sua realização, descritos em detalhes, e referenciados em OM-2
Qualidade e Performance	Crítérios e Indicadores para avaliar o resultado da tarefa.

Quadro 10 - Planilha de Tarefas TM – 1 - Schreiber, Akkermans *et al.* (2002)

O escopo das tarefas que o Engenheiro deve descrever é definido pelo processo de tomada de decisão em análise ou, em outras palavras, as tarefas envolvidas pelo processo de tomada de decisão é que são objeto de descrição pela planilha TM-1 e TM-2.

Após a realização da descrição das tarefas em TM-1, o Engenheiro de Conhecimento precisa identificar quais as características dos ativos de conhecimento, envolvidos pelas tarefas, especificamente sobre sua natureza, forma e disponibilidade, permitindo a obtenção de conclusões sobre os elementos nas tarefas que se constituem 'gargalos de conhecimento', ou seja, identificação de obstáculos ou dificuldades que interfiram diretamente nos fluxos de informação e de conhecimento, comprometendo, de alguma forma, o resultado da tarefa.

Esse processo de identificação dos 'gargalos de conhecimento' é realizado por meio da aplicação da planilha TM-2, adaptada ao contexto do Modelo proposto que é apresentada a seguir:

Modelagem de Tarefas	Itens de Conhecimento – TM-2 – Parte 1	
Nome do ativo de Conhecimento	Referenciar o mesmo nome citado em OM-3 e OM-4	
Possuído por	Nome do Agente que tem o conhecimento	
Usado em	Identificador da tarefa	
Domínio	Nome do Processo de Tomada de Decisão no Contexto de C,T&I	
Natureza do Conhecimento (selecionar uma ou mais categorias)		O que pode ser melhorado
Formal: estruturado e tem forma definida.		
Empírico: baseado em práticas em que o processo está envolvido.		
Heurístico: constituído por regras que fazem parte da realização da tarefa, baseadas na intuição do agente (Tomador de Decisão) e que não tem um percurso claro.		
Especializado: dependente de competências ou formação em área específica		
Incerteza: o conhecimento pode ser incorreto		
Completo: o ativo é suficientemente descrito		
Baseado em Experiência: obtido a partir das vivências dos agentes envolvidos		
Sujeito a mudanças constantes		
Difícil de verificar		
Tácito: difícil de explicitar ou formalizar		

Quadro 11 - Planilha TM-2 - Parte que descreve a natureza do ativo de conhecimento

A descrição da natureza do item de conhecimento, neste modelo, deverá auxiliar o Engenheiro de Conhecimento na identificação de características que poderão orientá-lo na elaboração dos Artefatos de Conhecimento. Por exemplo, ao descrever um ativo de conhecimento, cuja natureza é a heurística, o Engenheiro de Conhecimento poderá reconhecer as regras usadas e definir sua confiabilidade ou pertinência para que elas sejam formalizadas em linguagem SWRL, como parte de um SBC.

Um requisito do SBC é que as conclusões obtidas pelos processos de inferência precisam ser confiáveis, ou ainda, possuírem um grau determinado de confiabilidade. Para tanto, é necessário definir com objetividade a veracidade e clareza dos ativos de conhecimentos, formalizados no nível dos Artefatos de Conhecimento, e as Planilhas TM-2 partes 1, 2 e 3 têm um papel fundamental nesse processo.

Esses ativos de conhecimento são descritos, em detalhes, no tópico Modelagem de Conhecimento (3.5.4).

A seguir, as Partes 2 e 3 da Planilha TM-2:

Modelagem de Tarefas		Itens de Conhecimento – TM-2 – Parte 2	
Nome do ativo de Conhecimento		Referenciar o mesmo nome citado em OM-3 e OM-4	
Possuído por		Nome do Agente que tem o conhecimento	
Usado em		Identificador da tarefa	
Domínio		Nome do Processo de Tomada de Decisão no Contexto de C,T&I	
Forma do Conhecimento (selecionar uma ou mais categorias)		O que pode ser melhorado	
Mente: se o conhecimento não está em algum suporte ou meio, somente na mente do agente			
Papel: especificar o tipo de documento			
Documento Eletrônico: especificar a mídia de suporte			
Vinculado a um banco de dados ou SI:			

especificar elementos de dados e acesso		
---	--	--

Quadro 12 - Planilha TM-2 Parte 2

Modelagem de Tarefas	Itens de Conhecimento - TM-2 - Parte 3	
Nome do ativo de Conhecimento	Referenciar o mesmo nome citado em OM-3 e OM-4	
Possuído por	Nome do Agente que tem o conhecimento	
Usado em	Identificador da tarefa	
Domínio	Nome do Processo de Tomada de Decisão no Contexto de C,T&I	
Disponibilidade do Conhecimento (selecionar uma ou mais categorias)		O que pode ser melhorado
Limitações de tempo		
Limitações de local		
Limitações de acesso		
Limitações de qualidade		
Limitações de forma		

Quadro 13 - Planilha TM-2 Parte 3

As planilhas TM-2 Partes 2 e 3 referem-se ao suporte e à disponibilidade do ativo de conhecimento, informando detalhes sobre como obtê-lo. Para ilustrar, por meio de um exemplo, citemos o ativo de conhecimento denominado 'Características da População de Pós-Graduados na área de Engenharia Civil': estaria vinculado a um banco de dados e com informações presentes em um documento em papel; as limitações de tempo são relacionadas a um período, com escopo geográfico delimitado em alguma unidade da Federação, na forma de um *datamart*, com uma relação pré-determinada de campos, acessível por meio de login e senha.

3.5.3 Modelagem de Agentes

A Modelagem de Agentes objetiva o esclarecimento dos papéis e competências que os diversos atores, numa organização, possuem quando realizam uma tarefa, sendo que os agentes incluem as pessoas, sistemas e fontes de informação.

A elaboração dessa Modelagem se dá por meio da Planilha AM-1, com a reunião de informações existentes nas planilhas anteriores, possibilitando uma melhor análise dos impactos e implicações relacionadas aos agentes, do que se fossem realizadas apenas observando outras Planilhas.

Neste modelo, o Gestor de C,T&I, as fontes de informação usadas no Processo de Tomada de Decisão são os principais agentes que devem ser relacionados na Planilha AM-1, que tem sua forma conforme o quadro a seguir:

Modelagem de Agentes	Planilha de Agentes - AM-1
Nome	Nome do Agente
Organização	Descrever a vinculação organizacional do Agente, conforme descrito nas Planilhas OM, especificando, também, o seu tipo
Envolvido em	Lista das Tarefas aos quais está relacionado (TM-1)
Comunicação com	Lista dos nomes dos agentes com os quais este se comunica
Conhecimento	Lista dos itens de conhecimento possuídos pelo agente, conforme descrito nas planilhas TM-2
Outras Competências	Descrição de conhecimentos ou habilidades inerentes à realização da tarefa com as quais está relacionado
Responsabilidades e Restrições	No caso de pessoas, podem ser limitações de ordem organizacional; no caso de agentes de informação, informar as limitações de informação ou acesso.

Quadro 14 - Planilha OM-1

Por fim, essa planilha é especialmente útil ao Engenheiro do Conhecimento desde que ela complemente a obtenção de elementos de conhecimento (premissas, pressupostos e restrições) que serão necessários para que o SBC realize os processos de inferência.

3.5.4 Modelagem de Conhecimento

A Modelagem de Conhecimento é uma etapa fundamental para o funcionamento de um SBC, criado a partir do Modelo proposto nesta Tese. Nesse sentido, é necessário clareza no conceito de Conhecimento e, também, na forma como o mesmo será representado.

Para Schreiber, Akkermans *et al.* (2002), o Conhecimento é uma forma complexa de informação, algo que pode ser usado para inferir novas informações e o desafio para qualquer metodologia de Engenharia do Conhecimento é representá-lo de maneira que possa ser processado computacionalmente.

O Engenheiro de Conhecimento deve abordar o domínio, buscando, entre outras coisas, a criação de uma base de conhecimento estruturada em conceitos, propriedades e relações, conjuntos de regras e restrições, de forma que ela possa ser validada e o conhecimento, ali representado, possa ser mantido e atualizado.

Para ilustrar o conceito de informação e de conhecimento, na visão daqueles autores, consideremos os seguintes exemplos:

- Informação:
 - Pesquisador A é Doutor em Ciência da Computação
 - Pesquisador B é Mestre em Engenharia e Gestão do Conhecimento
- Conhecimento:
 - Um candidato ao Edital de Formação de Doutores precisa ser Mestre em Ciência da Computação ou Engenharia do Conhecimento, atuante na região centro-oeste do Estado de São Paulo, formado há pelo menos 02 anos.
 - Uma Área do Conhecimento possui baixa oferta de Doutores quando o percentual de deles, numa população de Pós-Graduados, é de até 30%.
 - A baixa oferta de Doutores nas áreas de Biologia, com especialidades em Engenharia Genética, implica o baixo número de patentes e publicações em periódicos internacionais, relacionados ao desenvolvimento de produtos geneticamente modificados para a Agropecuária.

Assim, o Modelo de Conhecimento deve especificar os requisitos de conhecimento e de inferência e, juntamente com o Modelo de Comunicação, proporcionará a formalização dos artefatos de conhecimento e seus fluxos.

Para a realização da Modelagem de Conhecimento são utilizados *templates* que auxiliam o Engenheiro de Conhecimento na identificação e formalização dos elementos das tarefas intensivas em conhecimento. A escolha de *templates* de tarefa, a partir da literatura, deve-se ao fato de que é melhor empregar recursos conhecidos ou aplicados na prática, do que os reinventar, mesmo que seja necessário modificá-los.

O processo de Modelagem de Conhecimento é organizado em 02 etapas, enumeradas como segue:

1. Identificação do Conhecimento

Nesta etapa, o Engenheiro de Conhecimento deve referenciar as fontes e ativos de conhecimento registrados nas planilhas anteriores, identificando as características dos elementos de conhecimento e relacionando-os na seguinte forma:

- a) Explicitação dos conceitos existentes nos ativos de conhecimento registrados, na forma de um glossário, que será o ponto de partida para a construção da Ontologia (descrita no Nível de Artefato) e esse processo é iniciado, através da seleção de uma tarefa intensiva em conhecimento (Planilhas TM-1 e TM-2), da qual se obtém os ativos de conhecimento;
- b) Explicitação dos atributos dos conceitos (características ou qualificadores que detalham o conceito) que serão utilizados na descrição formal no nível de Artefatos de Conhecimento.
- c) Reúso de conceitos já mapeados, existentes em ontologias ou planilhas usadas e outras aplicações deste Modelo.

O produto deste estágio é uma lista de descritores (palavras escolhidas para representar um conceito), suas definições (descrição textual do significado do conceito) e suas propriedades, os tipos de valores que essas propriedades possuirão e os conceitos com os quais estão ligados (descrição formal dos conceitos).

Descritor do Conceito	Definição	Propriedades
Titulação	Nível de Formação de RH em Ciência e Tecnologia, que contempla os níveis desde a formação técnica até a formação pós-doutoral.	Nome do Título Ano de Obtenção Instituição Área do Conhecimento

Quadro 15 - Modelo de Planilha para Descrição de Conceitos

Nessa forma, cada conceito terá dois tipos de descrição: o primeiro, textual, que possibilita ao Engenheiro de Conhecimento e aos agentes humanos envolvidos referenciarem os seus processos de validação; o segundo, formal, que explicita as características expressa na forma de propriedades que serão utilizadas pelo SBC nos seus processos de inferência.

Cabe observar que determinadas propriedades são, também, conceitos a serem descritos; no exemplo da Planilha para a Descrição de Conceitos, está a propriedade 'Instituição' que no contexto do conceito 'Titulação' é uma propriedade, além de ser um dos conceitos a serem tratados pelo Engenheiro de Conhecimento.

A semelhança entre descrição de conceitos e propriedades, aqui definidos e modelagem de entidades e atributos na forma de um modelo Entidade-Relacionamento, na construção de um banco de dados, é apenas aparente; no caso do Modelo proposto, conceitos e atributos são construtos distintos, fato que fica mais evidente no momento de elaborar os Artefatos de Conhecimento.

2. Detalhamento e Especificação do Conhecimento do Domínio

Neste ponto, o Engenheiro de Conhecimento descreverá as Tarefas Intensivas em Conhecimento, relacionadas ao Processo de Tomada de Decisão (registradas em TM-1 e TM-2 na Modelagem de Tarefas), sendo que o tipo de tarefa intensiva é a de Planejamento, descrita na forma 5W1H. É importante que o Engenheiro de Conhecimento verifique se as tarefas intensivas em questão se

enquadram nesta categoria. Segue quadro com os itens a serem descritos:

Atividade Intensiva em Conhecimento	
Tipo	Tarefa Sintética – Planejamento – Planejamento de Ação em C,T&I
Forma	5W1H
Agentes Humanos	Gestores e/ou Analistas envolvidos
Fontes de Informação	Fontes de Informação que subsidiam a tarefa
O quê (What)	Descrição do que será feito
Quando (When)	Período considerado para a realização da tarefa; pode ser adaptado para definir escopo temporal do ‘O quê’
Onde (Where)	Local de realização; pode ser adaptado para definir escopo ou restrição geográfica do ‘O quê’
Quem (Who)	Quem realizará a ação; pode ser adaptado para definir escopo ou população que será objeto da ação
Porquê (Why)	As razões ou motivação da realização da ação; o Engenheiro de Conhecimento deverá descrever de tal forma que seja possível evidenciar regras, condições ou características que devem ser posteriormente modeladas para que o SBC tenha condições de realizar os processos de inferência
Como (How)	Como a ação de planejamento será realizada; o Engenheiro de Conhecimento deverá descrever os mecanismos que a tornarão possível

Quadro 16 - Planilha para descrição de Ações de Planejamento

A razão da escolha dessa forma de modelo de planejamento está na sua simplicidade, pela objetividade que proporciona ao Engenheiro de Conhecimento, no processo de explicitação dos componentes de conhecimento, necessários à construção do SBC.

O próximo passo do Engenheiro de Conhecimento é identificar, na Planilha para a descrição de Ações de Planejamento, conceitos ainda não mapeados (na forma da etapa anterior) e restrições de valor das propriedades, além de estabelecer as relações e regras existentes nos enunciados da Planilha.

As relações deverão ser descritas de maneira a evidenciar os vínculos entre os conceitos e, normalmente, são modeladas de forma mais complexa que relações binárias no padrão E-R.

A necessidade de expandir a forma de descrição de uma relação está associada ao seu grau de complexidade; relações podem ser descritas por meio dos seguintes elementos:

- a) Conceitos que serão vinculados, estabelecendo uma relação cardinal de domínio e contradomínio, onde o domínio corresponde ao conceito de origem e o contradomínio aos conceitos que estão relacionados;
- b) Essa relação pode possuir atributos que a descrevam de forma complexa, caracterizando-a como um objeto similar à estrutura de um conceito.
- c) Relações entre conceitos podem ser *horizontais*, como numa relação entre ‘Candidato à Bolsa’ – temFormacao – ‘Formação de RH’, em oposição às relações *verticais* que guardam a característica de *generalização* e de *especialização*. Uma relação de especialização pode ser estabelecida quando o conceito específico possui todas as características do conceito geral, além de suas próprias características particulares.

A descrição das regras deverá ser feita na forma de expressões que facilitem a sua transformação para a notação lógica, com uma estrutura na forma ‘antecedente’ e ‘consequente’, numa relação de implicação lógica que deve ser nomeada conforme se apresenta no domínio. Essas expressões são criadas a partir dos valores existentes nos atributos dos conceitos, materializando as regras e condições existentes no domínio à futura aplicação na Base de Conhecimento do SBC.

O Engenheiro de Conhecimento poderá utilizar a seguinte notação para registrar as regras:

Característica da Regra	Detalhe
Tipo de Regra	Causa-efeito
Antecedente	PopulacaoPosGraduados.QtdeDoutores=<20%
Consequente	OfertaDoutores.Nivel=baixo
Nome da Implcação	Caracteriza

Quadro 17 - Modelo de Planilha para Descrição de Regras

Recomenda-se, neste momento de explicitação das regras lógicas, que se mantenha o uso da Planilha de Descrição de Regras para preservar a independência de implementação das mesmas. No nível dos Artefatos de Conhecimento, o Engenheiro poderá optar por alguma linguagem lógica na construção dos mecanismos de inferência do futuro SBC.

O Engenheiro de Conhecimento deverá parar esse processo de identificação de regras quando as inferências que serão realizadas sejam compreensíveis para ele e, também, quando estiver claro quais conclusões poderão ser obtidas pelo SBC no apoio aos processos de tomada de decisão.

Essa forma de descrição de regras em expressões lógicas, para a realização de uma etapa básica de raciocínio, é denominada por Schreiber, Akkermans *et al.* (2002) como *funções primitivas*, por se tratar de um nível de descrição, no qual o reuso e o processamento computacional do raciocínio, baseado nessas regras, tornam-se factíveis e, conseqüentemente, as funcionalidades esperadas de um SBC.

Por fim, o Engenheiro de Conhecimento deverá registrar as *funções de transferência*, definidas por Schreiber, Akkermans *et al.* (2002) como uma função que transfere uma informação entre agentes considerados no modelo de conhecimento e o mundo externo (um sistema de informação ou agente humano).

Os mecanismos das funções de transferência são detalhados na Modelagem de Comunicação; neste momento, o Engenheiro de Conhecimento fará apenas o registro das transferências de informação e de conhecimento, processo que estabelecerá um conjunto de vínculos objetivos entre as regras, inferências e fontes de informação.

Schreiber, Akkermans *et al.* (2002) apresentam uma forma simples para registrar essas transferências, definindo-as em quatro tipos, na forma que segue:

- **Obter:** o agente de inferência (SBC) requer um item de informação de um agente externo (exemplo: o SBC formula um comando SQL para um banco de dados, afim de obter a quantidade de doutores e a quantidade de pós-graduados numa determinada área do conhecimento)
- **Receber:** o agente de inferência recebe a informação solicitada ao agente externo; essa informação poderá, por exemplo, ser um valor de alguma propriedade envolvida num processo de raciocínio de um SBC;
- **Apresentar:** o agente de inferência apresenta uma peça de informação ao agente externo (exemplo: o SBC apresenta uma conclusão sobre a veracidade de uma premissa encontrada na tarefa de planejamento, como a pré-suposição de que determinada região do Estado de SP tem baixa oferta de Doutores)
- **Prover:** o agente interno provê uma informação para o agente externo, por solicitação deste último.

A garantia de que esses elementos preservam seu contexto, semântica e propósito estão, justamente, nos métodos utilizados para a sua modelagem que contemplam os meios necessários para que o SBC, criado posteriormente, apresente resultados compatíveis com sua finalidade.

Os produtos da Modelagem de Conhecimento (conceitos, propriedades, relações e regras e funções de transferência) são utilizados para compor a Base de Conhecimento e o Mecanismo de Inferência no nível de Artefatos de Engenharia do Conhecimento.

3.5.5 Modelagem de Comunicação

A Modelagem de Comunicação é o estágio no qual se registra a comunicação entre os agentes, especificamente tratando dos fluxos de comunicação e de informação. Ela utiliza os outros componentes do processo de modelagem:

- Modelagem de Tarefa: *inputs* e *outputs*, condições, recursos necessários e competências
- Modelagem de Agente: descrição de habilidades e competências
- Modelagem de Conhecimento: no caso das tarefas intensivas em conhecimento, os ativos, inicialmente, registrados em TM-2 e descritos na Modelagem de Conhecimento, também são envolvidos na Modelagem de Comunicação, e as funções de transferência identificadas e mapeadas.

O Engenheiro de Conhecimento deverá mapear, com clareza e precisão, as *transações* que deverão ocorrer entre as fontes de informação que o tomador de decisão utiliza para apoiar seus processos, formalizando assim as conexões entre essas fontes e o SBC a ser modelado.

No Modelo proposto nesta Tese, é utilizada uma única planilha que define o modelo de transação, criada a partir da adequação das planilhas CM-1 e CM-2 da metodologia CommonKADS para as necessidades do Modelo aqui proposto.

O quadro a seguir apresenta a Planilha com o Modelo de Transação:

Modelagem de Comunicação	Planilha de Transação
Transação	Nome da transação: use uma denominação que contenha os nomes dos agentes e dos itens de informação envolvidos;
Agentes envolvidos	Agentes que enviam os itens de informação Agentes que recebem os itens de informação
Itens de informação	Descrever os itens de informação contidos na transação, registrando o seguinte: <ul style="list-style-type: none"> - o papel desse item; - a forma do item de informação: descrição de metadados, tipos de valor, forma de comando para obtenção, ou outra forma que permita rápida implementação no nível de Artefato do Conhecimento - a forma da interação: uma conexão de banco de dados, uma janela informativa para um agente humano, ou outra forma que explicita como a informação será trocada e exibida.
Dependências e Fluxo	Informar, se houver, as sequências de trocas de itens de informação entre os agentes;

Quadro 18 - Planilha da Modelagem de Comunicação

O produto da Modelagem de Comunicação deverá orientar o Engenheiro de Conhecimento na vinculação das fontes de informação usadas no processo de tomada de decisão ao SBC, permitindo que este último consiga obter as informações necessárias para revelar conhecimento dessas fontes por meio dos processos de inferência.

3.6 Nível 4: Artefatos de Engenharia do Conhecimento

Este é o nível dos artefatos produzidos a partir dos métodos ou técnicas definidos para os processos de Engenharia do Conhecimento. Aqui, está todo o conhecimento explícito, obtido e registrado por meio dos recursos de modelagem aplicados no Nível de Processos de Engenharia do Conhecimento e constituirá um plano de orientações na implantação do projeto do SBC para o apoio ao processo de tomada de decisão em C,T&I, na forma da seguinte arquitetura:

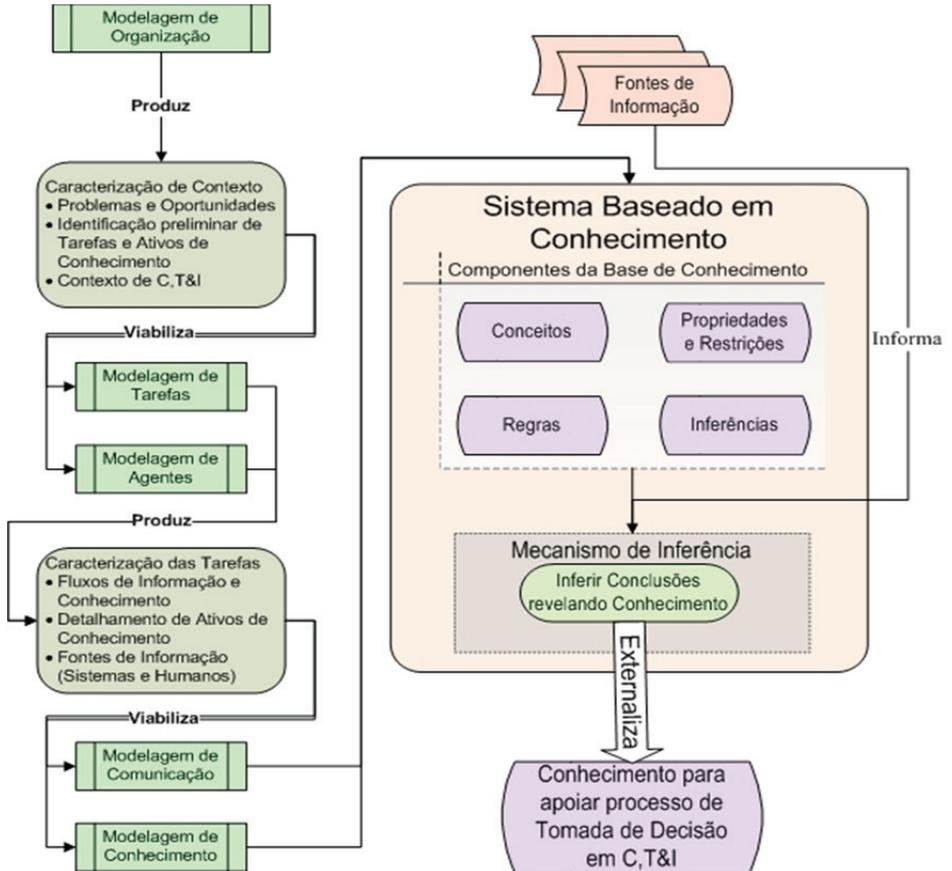


Figura 14 - Arquitetura do Modelo de Geração de SBC para C,T&I

Neste ponto, o Engenheiro de Conhecimento poderá analisar com a clareza necessária de quais tecnologias disporá na criação dos Artefatos de Conhecimento modelados, e também, que ferramentas irá utilizar para gerenciar o processo de criação desses artefatos e da documentação dos produtos gerados a partir das etapas de Modelagem no nível anterior.

Não está no escopo desta seção apresentar e discutir tais ferramentas, mas no Capítulo Considerações Finais este tema será comentado de maneira que se possam visualizar algumas alternativas.

3.7 Nível 5: Artefatos de Conhecimento

O último nível deste Modelo consiste na construção da Ontologia, na escolha da ferramenta para implantar o Mecanismo de Inferência. Toda orientação da Modelagem de Conhecimento apresentada anteriormente é compatível com a Metodologia de Engenharia de Ontologias *Methontology*, apresentada no Capítulo da Fundamentação Teórica e resumida na forma que segue:

Tarefa	Comentário
1 - Construção de um Glossário de Conceitos	Tarefa realizada na Modelagem de Conhecimento
2 - Construir Taxonomias Conceituais	Tarefa realizada na Modelagem de Conhecimento
3 - Construir Diagramas de relações entre conceitos	Tarefa realizada na Modelagem de Conhecimento
4 - Construir Relação de Conceitos e Relações	Tarefa realizada na Modelagem de Conhecimentos
5 - Descrever Relações, Atributos	Tarefa de Implantação no Editor de Ontologias
6 - Criar Classes e suas características	Tarefa de Implantação no Editor de Ontologias
7 - Descrever Axiomas e Regras	Tarefa de Implantação no Editor de Ontologias
8 - Popular Indivíduos	Trata-se da descrição dos entes do domínio que serão objeto das inferências do SBC. Essa tarefa deve ser feita com apoio do Editor de Ontologias ou pela criação de algum aplicativo específico para este fim.

Quadro 19 - Síntese das tarefas de criação da Ontologia

A recomendação para o Engenheiro de Conhecimento é a utilização de uma ferramenta na edição de ontologias, a exemplo do Protégé, que permite uma rápida criação dos passos 1 a 7. Já, a tarefa 8 - Popular Indivíduos - pode exigir o desenvolvimento de um aplicativo para permitir a criação, de forma dinâmica, de indivíduos, a partir de fontes de informação externas, como bancos de dados intermediários preparados para este fim.

Recomenda-se que esse processo de criação dos indivíduos da ontologia siga as seguintes etapas:



Organização dos dados que correspondem aos indivíduos e suas propriedades



Análise e Preparação dos Artefatos encontrados



Preparação de um banco de dados intermediário com visões de dados na forma de conceitos, relações, axiomas, etc.



Carga dos dados de classes, relações e instâncias para ontologia por meio de Plug-in ou Aplicativo desenvolvido para esse fim.

Figura 15 - Visão das etapas de criação dos Indivíduos da Ontologia

A descrição das Inferências requer uma linguagem que possa ser facilmente acoplada ao Editor de Ontologias. No caso de se usar o Protégé 3.4.4, é possível utilizar a linguagem SWRL, em conjunto com o motor de inferência JESS, ambos integráveis por meio de plug-ins específicos e com documentação detalhada nas suas respectivas fontes. No entanto, o Engenheiro de Conhecimento poderá valer-se de outros recursos para este fim.

3.8 Considerações sobre este Modelo

Um dos objetivos da criação deste Modelo é preservar certo grau de generalidade, a fim de que o Engenheiro de Conhecimento não se torne dependente de determinadas tecnologias ou ferramentas para levar a termo a criação de um SBC, no apoio aos processos de tomada de decisão em C,T&I. Ressalta-se, também, que é possível refinar os métodos de descrição de conhecimento para resolver eventuais deficiências de modelagem que produzam

impacto negativo, na fase de implantação de um SBC, criado a partir desse Modelo.

4 Aplicação do Modelo para Construção do SBC

Neste capítulo, mostrar-se-á uma aplicação do Modelo na Construção de um SBC, com o objetivo principal de ilustrar como tal Modelo pode ser aplicado e, o resultado, obtido através de um caso de tomada de decisão em C&T, definido para fins experimentais.

4.1 Caso do Edital de Fomento à Formação de Doutores

Para aplicar o Modelo na construção de um SBC, no apoio ao processo de tomada de decisão, foi caracterizado um caso hipotético, validado por um Analista do CNPq, cujo objetivo é definido na seguinte forma: Elaborar um Edital de Fomento à formação de doutores nas áreas de Computação e Engenharias, prevendo o atendimento de uma população de pós-graduados em que há baixa oferta de Doutores, presumindo que tal demanda está na região da Grande São Paulo.

O enunciado de tal ação é feito na forma de um plano 5W1H, como segue:

- O quê: Promover o aumento de Doutores nas áreas de Computação e Engenharias, com o seguinte resultado esperado: Aumento de 25% de Doutores formados nas áreas de Computação e Engenharias no Estado de SP
- Onde: Estado de São Paulo
- Quem: Fomentar a formação Mestres nas áreas de Computação e Engenharias com até 02 anos de titulação
- Quando: Início em 06 meses
- Por quê: O Estado de SP carece de Doutores nessas áreas e possui RH disponível para formação nessas áreas; Investimentos na formação de doutores em SP são necessários para aumentar a disponibilidade de RH especializado em CT, nos termos da atual política de CTI (PACTI 2005-2010)
- Como: Prover recursos para as Bolsas de Pós-Graduação e à produção científica e tecnológica.

Foram consideradas algumas variações e limitações:

- O 'Por quê' pode ter o escopo geográfico regionalizado, pois, exemplificando, há diferenças da disponibilidade de Doutores nessas áreas nas regiões das cidades de SP e Campinas e no interior do Estado de SP;
- Engenharia e Computação poderiam ser tratadas separadamente;
- Uma limitação está relacionada à fonte de informação utilizada neste caso: os CVLattes têm, em sua maioria, registros de formação de pessoas que estão na academia, e isso precisa ser levado em conta no contexto da resposta que o SBC irá fornecer.

Tal enunciado foi construído a partir de uma reunião, na qual se apresentou a necessidade hipotética de apoio ao processo de tomada de decisão, com o lançamento do Edital de Fomento de Formação de Doutores, tomando, por ponto de partida, a existência de uma demanda reprimida em tais áreas.

4.2 A aplicação do Modelo

As planilhas a seguir ilustram os artefatos produzidos pela aplicação do Modelo e serão mostradas apenas aquelas essenciais para a compreensão do processo de implantação do SBC, desenvolvido com base nesse Modelo e documentado ao final deste Tópico.

O processo é iniciado com o registro dos itens relativos ao Contexto do problema, na forma das planilhas OM-1 a OM-4:

Modelo da Organização	Planilha de Problemas e Oportunidades – OM-1
Problemas e Oportunidades	Dificuldade em identificar claramente as características da população de pós-graduados A extração de informação para caracterizar o pressuposto da baixa oferta de doutores é algo complexo, demanda tempo. Há recursos para o Edital de Fomento, bem como para a infraestrutura de apoio à tomada de decisão
Contexto Organizacional	Missão, objetivos e valores da organização; Estratégias e Políticas de Ciência e Tecnologia Planos para o desenvolvimento de C,T&I para as Áreas de Computação e Engenharias
Soluções	Projetar fontes de informação sobre a população a partir de dados operativos Projetar um SBC para analisar as características da população que pode vir a ser objeto de um Edital de Fomento

Quadro 20 - Planilha OM-1 – Problemas e oportunidades relativas ao contexto

Modelo da Organização	Planilha de Aspectos Variantes – OM-2
Estrutura	(não aplicado neste caso)
Processo	<ul style="list-style-type: none">• Análise da População objeto do Edital• Elaboração de fonte de informação com características da população
Pessoas	<ul style="list-style-type: none">• Gestor de C,T&I• População que será objeto do Edital
Recursos	<ul style="list-style-type: none">• Banco de dados operacional de Currículos dos possíveis candidatos ao Edital
Conhecimento	<ul style="list-style-type: none">• Definição de Características que a população candidata precisa ter para atender ao Edital;• Restrições definidas por políticas de fomento de RH
Cultura e Poder	<ul style="list-style-type: none">• Variáveis de natureza interinstitucional que influenciam no atendimento de demandas para produzir Editais para esse fim.

Quadro 21- Aspectos diversos no Caso do Edital

Planilha de Detalhamento de Processos – OM-3						
1 - Elaboração de fonte de informação com características da população						
No	Tarefa	Realizada Por	Onde	Ativo de Conhecimento	Intensivo	Relevância
1-1	Identificação dos Dados disponíveis	Gestor ou Analista de CTI	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Características da população que será objeto do Edital</i> 	Sim	4 (0 a 5)
1-2	Preparação dos dados para criação de um Conjunto de Informações de Análise	Analista de TI	-	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Conhecimento sobre técnicas de preparação de dados</i> 	Sim	4 (0 a 5)

Planilha de Detalhamento de Processos – OM-3						
2 - Análise da População objeto do Edital						
No	Tarefa	Realizada Por	Onde	Ativo de Conhecimento	Intensivo	Relevância
2-1	Análise do conjunto de informações sobre candidatos	Gestor ou Analista de CTI	-	<ul style="list-style-type: none">• <i>Objetivos do Edital</i>• <i>Características desejáveis para o Candidato ao Fomento</i>• <i>Informações de Análise</i>	Sim	5 (0 a 5)

Quadro 22 – Descrição das Tarefas

Nessas planilhas, são identificados os principais ativos de conhecimento e os procedimentos necessários para a preparação das informações. Observa-se que, aqui, começa a delimitação das fontes de informação presentes na Visão da Modelagem do SBC, mostrada na página 114.

Modelagem da Organização		Planilha de Ativos de Conhecimento – OM-4				
Ativo de Conhecimento	Possuído por	Usado em:	Forma Correta?	Lugar Correto?	No tempo correto?	Qualidade correta?
<i>Características da população que será objeto do Edital</i>	Gestor de C&T	Tarefa 1-1	Não. Informações dispersas na forma de dados	Sim	Não. Necessitam de compilação prévia	Não.
<i>Conhecimento sobre técnicas de preparação de dados</i>	Analista de TI	Tarefa 1-2	Sim	Sim	Não. A preparação de dados pode levar várias semanas.	Sim.
<i>Objetivos do Edital</i>	Plano de C&T	Tarefa 2-1	Sim. Documento em Papel	Não. Precisa ser convertido em requisitos	Sim. Acessíveis	Sim. Estão detalhados para conversão
<i>Características desejáveis para o Candidato ao Fomento</i>	Gestor de C&T	Tarefa 2-1	Não. Estão na mente do gestor	Não. Precisam ser explicitados	Sim. Podem ser documentados em uma reunião ou entrevista	Não. Precisam de detalhamento
<i>Informações de Análise</i>	Banco de Dados	Tarefa 2-1	Não. Precisam ser organizados na forma de <i>Datamarts</i>	Sim. Acessíveis em BD Relacional	Sim.	Sim.

Quadro 23 - Ativos de Conhecimento identificados no Caso do Edital (OM-4)

Neste momento, o Engenheiro de Conhecimento deve possuir os elementos necessários para encaminhar a decisão pela construção ou não do SBC. Até esse ponto, verifica-se que é possível a criação de um SBC auxiliador nos processos de análise das informações para apoiar o processo de decisão envolvido com o lançamento do Edital de Fomento.

É possível identificar, de maneira geral, as tarefas intensivas em conhecimento, os principais ativos de conhecimento que serão modelados e as relevantes características das fontes de informação que serão usadas na construção do SBC.

Uma vez tomada a decisão de continuar com o processo de construção do SBC, é necessário prosseguir com o detalhamento das tarefas identificadas, feito na forma das planilhas TM-1 e TM-2.

Para cada tarefa identificada são relacionados os respectivos itens de conhecimento (TM-2), com o objetivo de reconhecer sua natureza e definir o tratamento mais apropriado para cada caso.

A seguir, expõem-se as tarefas 1-1, 1-2 e 2-1 que estão nas planilhas OM-3, constantes na página 151.

Modelagem de Tarefas	Planilha de Análise de Tarefa – TM-1 Identificação dos Dados Disponíveis
Tarefa	1-1
Organização	-
Objetivo e Valor	Identificar quais dados serão utilizados para compor as informações usadas na análise. O tratamento dos dados irá gerar informação com valor agregado para o processo de tomada de decisão
Dependências e Fluxo	Inputs: nenhum Output: Tarefa 2-2: Preparação dos dados
Gestão de Objetos	Datamart e ferramenta de consulta aos dados (veja figura Figura 16)
Tempo e Controle	Os resultados da análise precisam ser confrontados com os dados usados.
Agentes	Gestor ou Analista de CTI
Conhecimentos e Competências	- Conhecer como os dados podem ser agrupados e calculados
Recursos	Interface de consulta ao banco de dados operacional de currículos
Qualidade e Performance	A integridade das informações produzidas pode ser verificada por amostragem dos dados usados.

Quadro 24 - Planilha de Tarefas TM – 1 – Tarefa 1-1

SQL Statements x

1 • SELECT * FROM "bi_lattes"."datamart_populacao_case1_areas";

Overview Output History Snippets Result (1) x Fetched 44862 records

id	area	id	area
1000470187493006	Engenharias	1000983569694293	Engenharias
1000470187493006	Engenharias	1001123283546693	Engenharias
1000528740958810	Engenharias	1001290794430565	Engenharias
1000528740958810	Engenharias	1001328062970250	Engenharias
1000528740958810	Engenharias	1001368261180593	Engenharias
1000529009837468	Engenharias	1002270799437447	Engenharias
1000585126002154	Engenharias	100237530105523	Engenharias
1000983569694293	Engenharias	100237530105523	Engenharias
1001123283546693	Engenharias	1002397530105523	Engenharias
1001290794430565	Engenharias	1003357077922587	Engenharias
1001328062970250	Engenharias	1003357077922587	Engenharias
1001368261180593	Engenharias	1003499594171540	Engenharias
1002270799437447	Engenharias	1003706656759425	Engenharias
100237530105523	Engenharias	1003706656759425	Engenharias
100237530105523	Engenharias	100371772759886	Engenharias
1002397530105523	Engenharias	100507267410684	Engenharias
1003357077922587	Engenharias		
1003357077922587	Engenharias		
1003499594171540	Engenharias		
1003706656759425	Engenharias		
1003706656759425	Engenharias		
100371772759886	Engenharias		
100507267410684	Engenharias		

Figura 16 - Fragmento dos dados da população analisada no Caso experimentado

Modelagem de Tarefas	Planilha de Análise de Tarefa – TM-1 Preparação dos dados para criação de um Conjunto de Informações de Análise
Tarefa	1-2
Organização	-
Objetivo e Valor	Criar agrupamentos e visões de dados que apresentem informações relevantes para Análise.
Dependências e Fluxo	Inputs: Tarefa 1-1: Elaboração de fonte de informação com características da população Output: Tarefa 2-1: Análise do Conjunto de informações sobre candidatos
Gestão de Objetos	Datamart e ferramenta de consulta aos dados
Tempo e Controle	Os resultados da análise precisam ser confrontados com os dados usados.
Agentes	Gestor ou Analista de CTI
Conhecimentos e Competências	- Conhecer as categorias de Informação necessárias para as Análises - Conhecer como os dados podem ser agrupados e calculados
Recursos	Interface de consulta ao banco de dados operacional de currículos
Qualidade e Performance	

Modelagem de Tarefas	Planilha de Análise de Tarefa – TM-1 Análise da População objeto do Edital
Tarefa	1-1
Organização	-
Objetivo e Valor	Analisar as características da população objeto do Edital, com o fim de identificar se elas se enquadram ao que se pretende. Tal informação poderá orientar o processo de decisão da escolha da população-alvo do edital.
Dependências e Fluxo	Inputs: Tarefa 2-2 Preparação dos dados para criação de um Conjunto de Informações de Análise
Gestão de Objetos	Datamart e ferramenta de consulta aos dados (veja figura Figura 16)
Tempo e Controle	Os resultados da análise precisam ser confrontados com os dados usados.
Agentes	Gestor ou Analista de CTI
Conhecimentos e Competências	<ul style="list-style-type: none"> - Conhecer as características disponíveis para análise (semântica dos dados) - Conhecer os limites de interpretação formados pelos cálculos - Conhecer como os dados podem ser agrupados e calculados
Recursos	Interface de consulta ao banco de dados de informações produzidas
Qualidade e Performance	

Quadro 25 – Planilhas TM-1 com a descrição das tarefas identificadas (Tarefas 1-2 e 2-1)

As Planilhas TM2 devem descrever cada um dos ativos de conhecimento relacionados na planilha OM-4 (página 153). Neste Modelo, a Planilha TM-2 é dividida em 03 partes, portanto, temos 15 planilhas na descrição daqueles.

Para fins de entendimento, apresentaremos somente as planilhas referentes ao ativo de conhecimento '*Características desejáveis para o Candidato ao Fomento*'.

Modelagem de Tarefas		Itens de Conhecimento – TM-2 – Parte 1	
Nome do ativo de Conhecimento		<i>Características desejáveis para o Candidato ao Fomento</i>	
Possuído por		Gestor ou Analista de CTI	
Usado em		1-1	
Domínio		Análise da População objeto do Edital	
Natureza do Conhecimento (selecionar uma ou mais categorias)		O que pode ser melhorado	
Formal: estruturado e tem forma definida.		X	
Empírico: baseado em práticas em que o processo está envolvido.			
Heurístico: constituído por regras que fazem parte da realização da tarefa, baseadas na intuição do agente (Tomador de Decisão) e que não tem um percurso claro.			
Especializado: dependente de competências ou formação em área específica			
Incerteza: o conhecimento pode ser incorreto			
Completo: o ativo é suficientemente descrito			
Baseado em Experiência: obtido a partir das vivências dos agentes envolvidos		X	
Sujeito a mudanças constantes			
Difícil de verificar			
Tácito: difícil de explicitar ou formalizar			

Modelagem de Tarefas		Itens de Conhecimento – TM-2 – Parte 2	
Nome do ativo de Conhecimento		<i>Características desejáveis para o Candidato ao Fomento</i>	
Possuído por		Gestor ou Analista de CTI	
Usado em		1-1	
Domínio		Análise da População objeto do Edital	

Forma do Conhecimento (selecionar uma ou mais categorias)		O que pode ser melhorado
Mente: se o conhecimento não está em algum suporte ou meio, somente na mente do agente		
Papel: especificar o tipo de documento	X	As características desejáveis precisam ser associadas aos dados da fonte de dados que será usada na análise
Documento Eletrônico: especificar a mídia de suporte		
Vinculado a um banco de dados ou SI: especificar elementos de dados e acesso		

Modelagem de Tarefas	Itens de Conhecimento – TM-2 – Parte 3	
Nome do ativo de Conhecimento	<i>Características desejáveis para o Candidato ao Fomento</i>	
Possuído por	Gestor ou Analista de CTI	
Usado em	1-1	
Domínio	Análise da População objeto do Edital	
Disponibilidade do Conhecimento (selecionar uma ou mais categorias)		O que pode ser melhorado
Limitações de tempo	Sem limitações identificadas	
Limitações de local		
Limitações de acesso		
Limitações de qualidade		
Limitações de forma		

Quadro 26 - Planilhas TM-2 do ativo de conhecimento da Tarefa 1-1

A partir dessa planilha, verifica-se que o ativo de conhecimento '*Características desejáveis para o Candidato ao Fomento*' é baseado na experiência do Gestor ou Analista de CTI e está documentado de maneira formal. Com essa conclusão, o Engenheiro de Conhecimento utilizará esse documento nas próximas etapas. O ativo de conhecimento '*Objetivos do Edital*' tem as mesmas características e suas planilhas estão incluídas nos Anexos; o ativo de conhecimento '*Informações de Análise*' é mais complexo que os outros: é especializado, completo e armazenado em banco de dados.

A Modelagem de Agentes será adicionada aos anexos, uma vez que o agente em questão é o tomador de decisão: Gestor de C&T e, neste caso específico, o detalhamento dos ativos de conhecimento exige maior atenção para a compreensão da descrição desta aplicação do Modelo.

Passemos, então, à descrição dos conceitos encontrados que darão origem aos elementos no Nível de Artefatos de Conhecimento.

Descritor do Conceito	Definição	Propriedades
Atividade	Ação empreendida por algum Ator Institucional do SNCTI	Nome
Titulação	Nível de Formação de RH em Ciência e Tecnologia, que contempla os níveis desde a formação técnica até a formação pós-doutoral.	Nome do Título Ano de Obtenção Instituição Área do Conhecimento
Fomento de Pós-graduação	Ação empreendida por algum Ator Institucional com o fim de elevar a Titulação de formação de RH	Nome
Contexto Geográfico	Área, região, ou outro tipo de delimitação geográfica.	Nome
Cidade	Tipo de Contexto Geográfico delimitado por um Município. Equivale ao conceito de Município	Nome UF
UF	Divisão das Unidades da Federação	Nome Cidades vinculadas.
Região	Contexto geográfico de características particulares que envolvem algumas Cidades	Nome Cidades vinculadas
Fonte de Informação	Fonte de dados que subsidiam o processo de tomada de decisão	Nome Padrão de Metadados Documento
Formação de RH	Formação de RH em C,T&I	Área do conhecimento Grande Área Sub Área Nome
Doutorado	Tipo de Formação de RH em nível de Doutorado em Programa credenciado pela CAPES	Área do conhecimento Grande Área Sub Área

		Nome
Mestrado	Tipo de Formação de RH em nível de Mestrado em Programa credenciado pela CAPES	Área do conhecimento Grande Área Sub Área Nome
Especialização	Tipo de Formação de RH em nível de especialização	Área do conhecimento Grande Área Sub Área Nome
Grande Área	Nível 1 na taxonomia de Áreas do CNPq	Nome
Área do Conhecimento	Nível 2 na taxonomia de Áreas do CNPq	Nome Vínculo de Grande Área
Sub Área	Nível 3 na taxonomia de Áreas do CNPq	Nome Vínculo de Área do Conhecimento
Instituição	Ator Institucional de C,T&I	Nome UF Cidade
Período	Intervalo de tempo	Nome
Ano	Período equivalente ao ano cronológico	Numero do Ano
Triênio	Período equivalente a três anos	Nome do Triênio Anos componentes
Pessoa	Ator (Humano) no contexto	Nome Vínculo Geográfico
Ator de CTI	Ator no contexto de C,T&I	Nome Ano ultima formação Formação Vínculo Geográfico
Gestor de CTI	Gestor no contexto de tomada de decisão	Nome Vínculo Geográfico
Tarefa Intensiva em Conhecimento	Tarefa realizada pelo tomado de decisão que demanda insumos de conhecimento	Nome
Planejamento	Tipo de tarefa intensiva em	Nome

de CT	conhecimento caracterizada na forma 5W1H	Fontes de Informação Templates de Conhecimento Item 'What' Item 'When' Item 'Where' Item 'Who' Item 'Why' Item 'How'
Templates de Conhecimento	Regras ou restrições identificadas nos enunciados	Nome Valores

Quadro 27 – Relação de Conceitos Identificados no Caso em Análise

Atividade Intensiva em Conhecimento	
Tipo	Tarefa Sintética – Planejamento – Planejamento de Ação em C,T&I
Forma	5W1H
Agentes Humanos	Gestor de CTI
Fontes de Informação	Datamarts baseados na Plataforma Lattes
O quê (What)	Descrição do que será feito
Quando (When)	Período considerado para realização da tarefa; pode ser adaptado para definir escopo temporal do 'O quê'
Onde (Where)	Local de realização; pode ser adaptado para definir escopo ou restrição geográfica do 'O quê'
Quem (Who)	Quem realizara a ação; pode ser adaptado para definir escopo ou população que será objeto da ação
Porquê (Why)	As razões ou motivação da realização da ação; o Engenheiro de Conhecimento deverá descrever de tal forma que seja possível evidenciar regras, condições ou características que devem ser posteriormente modeladas para que o SBC

	tenha condições de realizar processos de inferência
Como (How)	Como a ação de planejamento será realizada; o Engenheiro de Conhecimento deverá descrever os mecanismos que a tornarão possível

Quadro 28 - Planilha para descrição de Ações de Planejamento

Característica da Regra	Detalhe
Tipo de Regra	Causa-efeito
Antecedente	PopulacaoPosGraduados.QtdeDoutores=<20%
Consequente	OfertaDoutores.Nivel=baixo
Nome da Implicação	Caracteriza

Quadro 29 - Modelo de Planilha para Descrição de Regras

Modelagem de Comunicação	Planilha de Transação
Transação	Nome da transação: use uma denominação que contenha os nomes dos agentes e dos itens de informação envolvidos;
Agentes envolvidos	Agentes que enviam os itens de informação Agentes que recebem os itens de informação
Itens de informação	Descrever os itens de informação contidos na transação, registrando o seguinte: - o papel desse item; - a forma do item de informação: descrição de metadados, tipos de valor, forma de comando para obtenção, ou outra forma que permita rápida implementação no nível de Artefato do Conhecimento - a forma da interação: uma conexão de banco de dados, uma janela informativa para um agente humano, ou outra forma que explicita como a informação será trocada e exibida.
Dependências e Fluxo	Informar, se houver as sequências de trocas de itens de informação entre os agentes;

Quadro 30 - Planilha da Modelagem de Comunicação

Até aqui, o Engenheiro de Conhecimento tem os subsídios necessários à modelagem de um protótipo para testar o

funcionamento das regras e dos conceitos. Serão apresentados os detalhes da implementação de um protótipo no software Protégé, que é um editor para construção de Ontologias e de processos de inferência. A apresentação relaciona o ponto do Artefato de Engenharia de Conhecimento, referenciado durante a construção de cada item dos Artefatos de Conhecimento (componentes da ontologia) no Protégé, finalizando a cadeia de modelagem do SBC.

4.2.1 Criação das Classes e Propriedades

A partir dos conceitos relacionados e de suas propriedades são definidas as Classes e suas Propriedades, ilustradas a seguir:



Figura 17 - Diagrama da Taxonomia das Classes produzidas a partir dos Conceitos

A seguir, a imagem do Protégé com as propriedades da Classe PlanejamentoCT:

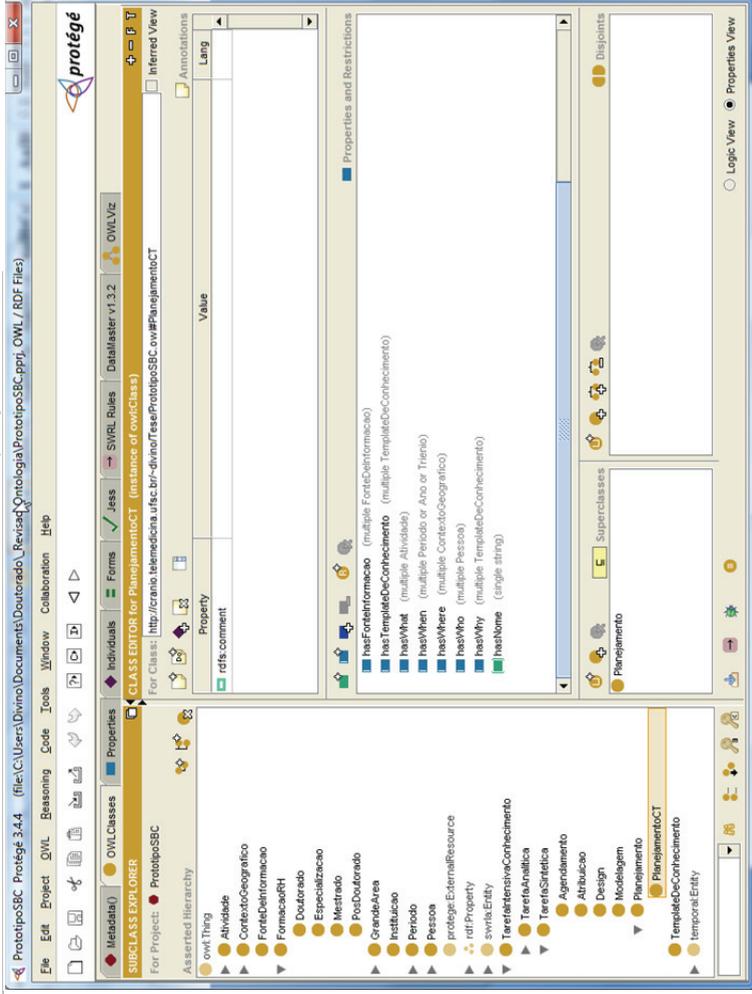


Figura 18 - Definição das Propriedades

4.2.2 Criação dos Indivíduos

Numa ontologia, os indivíduos representam os seres do mundo real representados pelas classes. Um exemplo é o Indivíduo 'São Paulo' que pode pertencer à Classe 'UF' ou 'Cidade'.

Para fins de ilustração, será apresentada a Classe 'PlanejamentoCT', juntamente com suas classes relacionadas, na forma que segue:

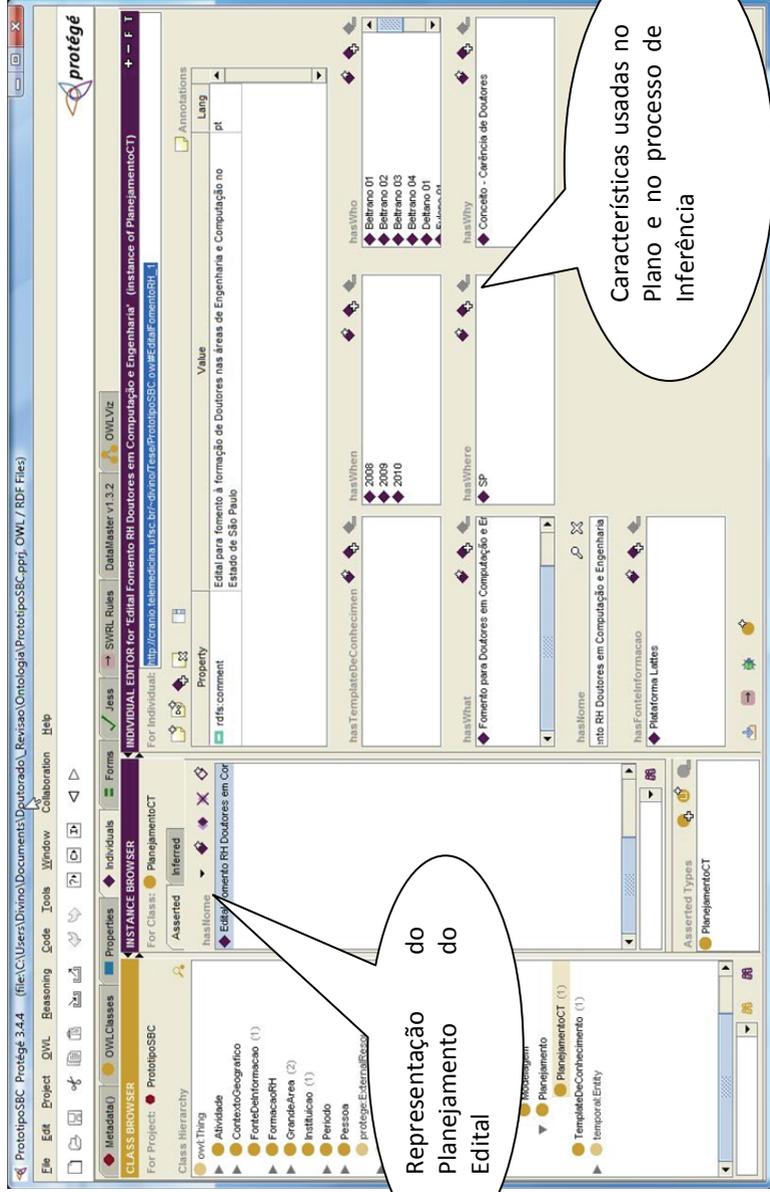


Figura 19 - Representação do Plano do Edital na forma SWH

Para cada Classe pode haver vários Indivíduos; a coluna “Instance Browser” exhibe cada um desses Indivíduos, cada qual com suas propriedades.

Explicando textualmente:

1. Os campos *hasWho*, *hasWhat*, *hasWhy*, *hasWhen*, *hasWhere*, além dos demais, correspondem às respectivas propriedades mapeadas durante o processo de modelagem;
2. Cada campo de propriedade pode conter *valores* ou *objetos*; os valores são conteúdos alfanuméricos, como um nome ou telefone. Um objeto corresponde a um indivíduo de determinado tipo, especificado na criação da referida propriedade.
3. Essa caracterização do Plano 5W1H é denominada **Descrição do Indivíduo** e deve ser suficiente para o uso numa inferência do SBC.

A partir deste momento, estamos no nível central do Modelo do SBC: a caracterização das regras para a inferência.

Neste protótipo, desenvolvido no Protégé, foram usados os plug-ins JESS (motor de inferência) e da linguagem SWRL (Semantic Web Rule Language), especificada pela W3C.

A inferência implementada ao Protégé, realizou a análise de um pressuposto relativo à população alvo do Edital de Fomento, qual seja, a de que há baixa oferta de doutores nas áreas de computação e informática em SP.

Para fins de experimento e limitações de desempenho do sistema, foi utilizada uma população com uma escala limitada, incorporando as demais características previstas na modelagem do SBC. Os parâmetros estão registrados no Indivíduo ilustrado na (página 172); a regra codificada em SWRL é apresentada na forma a seguir:

```

PlanejamentoCT(?plano)  ^  hasWho(?plano, ?ad)  ^
hasWho(?plano, ?am) ^
Doutorado(?doutorado)  ^  Mestrado(?mestrado)  ^
AtorCT(?ad) ^
hasFormacao(?ad, ?doutorado)  ^  AtorCT(?am)  ^
hasFormacao(?am, ?mestrado) ^
hasWhy(?plano, 'Conceito - Carência de Doutores') ^
hasValueData1('Conceito - Carência de Doutores',
?limiar1) °
sqwrl:makeSet(?d1, ?ad) °
sqwrl:size(?qd, ?d1) ^ sqwrl:makeSet(?m1, ?am) ^
sqwrl:size(?qm, ?m1) ^
swrlb:add(?totalAtor, ?qd, ?qm) ^
swrlb:multiply(?totalAtorFloat, ?totalAtor, 1.0) ^
swrlb:divide(?perDoutores, ?qd, ?totalAtorFloat) ^
swrlb:multiply(?limiar2, ?perDoutores, 100) ^
swrlb:greaterThan(?limiar2, ?limiar1) →

sqwrl:select(?qd, ?qm, ?limiar1, ?limiar2, "A
População alvo do Edital não é Carente de Doutores;
recomenda-se a revisão das Margens ou da População
alvo")
^
sqwrl:columnNames("Qtde Doutores", "Qtde Mestres",
"% Limiar de Carencia", "% Margem Identificada",
"Sugestão")

```

A explicação textual da regra é:

Se para qualquer plano do tipo PlanejamentoCT, que possui Atores de CT com formação de Mestrado e com formação de Doutorado, num limiar de Carência de Doutores maior do que o definido na forma do conceito 'Carência de Doutores', então, exibir a recomendação de que 'a população em análise não deve ser objeto deste Edital'

Deve observar-se que o exemplo é pontual e para fins de ilustração da inferência, realizada em pequena escala. Processos

com várias inferências podem ser realizados pelo SBC e parametrizáveis por meio de uma interface entre o Gestor e o SBC.

A seguir as imagens da regra e da inferência do SBC, construído no Protégé:

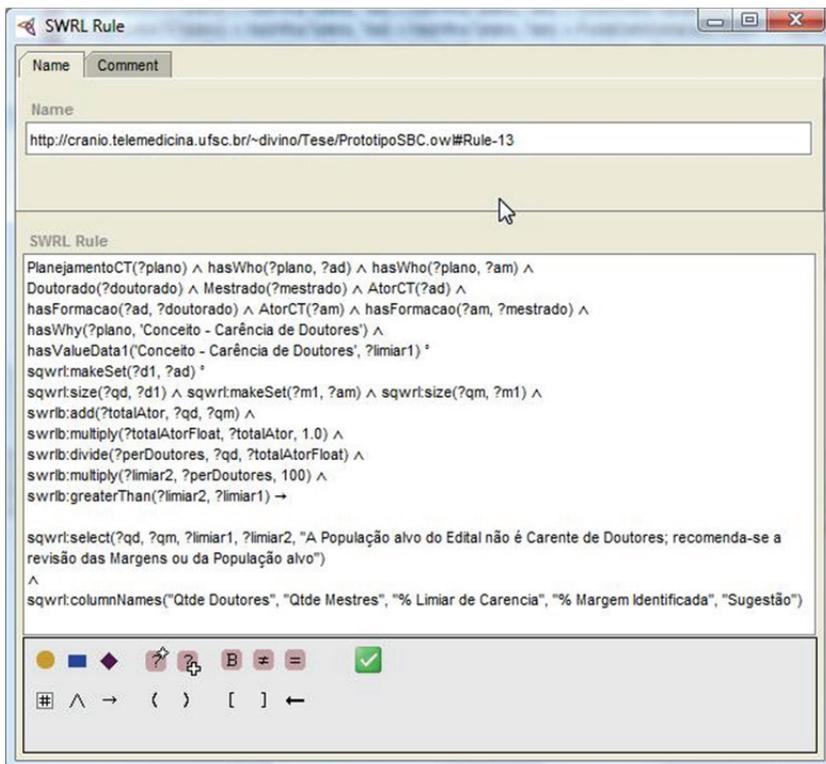


Figura 20 - Regra implementada no Protégé

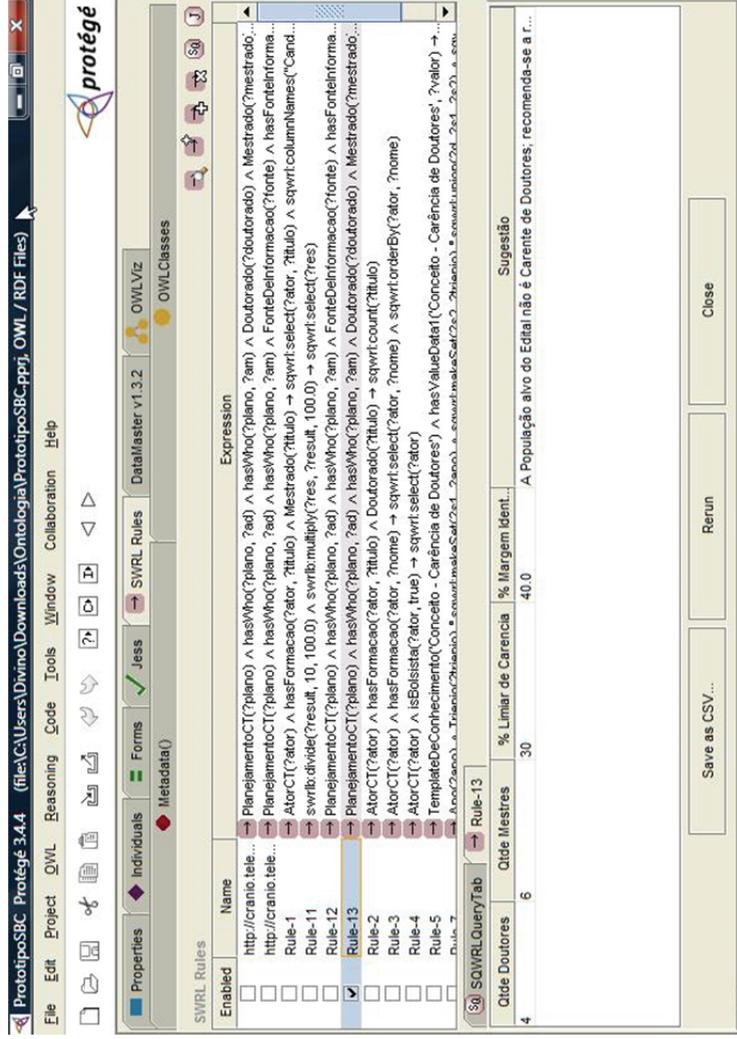


Figura 21 - Resultado do Processamento da Inferência usando SWRL no Protégé

5 Considerações Finais

5.1 Quanto aos objetivos da Tese

O Contexto da Gestão de C,T&I, no que tange à análise de indicadores, informações e dados para apoiar processos de tomada de decisão, tem se constituído um espaço para estudos com características multidisciplinares e com múltiplas abordagens, sempre objetivando o aprimoramento desses processos e dos resultados de suas ações.

No caso desta Tese, os processos de tomada de decisão são tratados como objeto da Engenharia do Conhecimento pelas seguintes razões:

- a) São atividades intensivas em conhecimento;
- b) São contextualizados em processos da organização;
- c) Tem como insumos fundamentais dados e informações, oriundos de sistemas de informação;
- d) No contexto de C,T&I, cabe ao decisor contextualizar as informações geradas por ferramentas de apoio a esses processos

A partir desses argumentos, e também, baseado no entendimento que a Engenharia do Conhecimento pode contribuir com o desenvolvimento de Sistemas Baseados em Conhecimento que utilizem dados e informações como insumo à geração de informações estratégicas e para revelar novos conhecimentos no âmbito desses processos de tomada de decisão, é que se propõe a abordagem ao problema de pesquisa ora proposto.

É nesse contexto que se apresenta a questão de pesquisa apresentada à página 21:

Como revelar conhecimentos para apoio à tomada de decisão em C,T&I, a partir de fontes de informação geradas pelos atores do Sistema Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação?

Tal questão foi apresentada sob um contexto de tomada de decisão em C,T&I, caracterizado na Fundamentação Teórica, no qual se apresentam argumentos que sustentam a necessidade de meios

que ofereçam ao Gestor de C,T&I recursos de informação e de conhecimento para apoiar processos de tomada de decisão.

Assim, foram definidos o Objetivo Geral e os Específicos, na forma que se segue:

Criar um Modelo de um Sistema Baseado em Conhecimento para apoiar processos de tomada de decisão em C,T&I.

- a. Conceber os componentes e estrutura do Modelo;
- b. Selecionar os instrumentos que o Modelo necessitará para possibilitar as atividades de Engenharia do Conhecimento;
- c. Demonstrar a aplicação do modelo de SBC em um caso de gestão de C,T&I.

O processo de criação de um modelo de SBC requer o estudo dos métodos e técnicas existentes para subsidiar os elementos necessários para sua concepção e desenvolvimento.

Assim, com o objetivo específico ‘a’ foi construído um desenho, uma visão espacial do contexto do SBC e da Engenharia requerida para sua construção. Tal visão é o fundamento da proposta do método esta Tese; pode-se observar a concepção de uma arquitetura dividida em níveis torna o processo de criação de um SBC flexível e generalizável, pelas seguintes razões:

- a) Flexível pelo fato de que é possível compor novas técnicas a partir da adaptação ou substituição de processos existentes nessa visão do Modelo;
- b) Generalizável em função da possibilidade de adaptar novos contextos de aplicação, como por exemplo, outros tipos de atividades intensivas em conhecimento como o apoio à tarefas diagnósticas.

Nesse aspecto, o Modelo oferece a possibilidade clara de continuidade de pesquisas sobre modelagem de SBCs, bem como a produção de tecnologias aplicáveis em domínios de conhecimento além daquele considerado nesta Tese.

No objetivo ‘b’ foram pesquisados e encontrados subsídios metodológicos e técnicos para que o Engenheiro de Conhecimento

tenha os instrumentos necessários para criar SBCs que irão revelar conhecimento por meio de processos de EC e não por processos de outras áreas. Tal rigor é necessário, pois está se tratando de uma atividade de Engenharia, ou seja, atividade provida a partir de teorias e métodos que devem ser replicáveis e sujeitos à modificações.

A preocupação com esse rigor tem sua motivação no contexto multidisciplinar em que esta Tese está situado; as conexões disciplinares precisam manter seu 'centro de gravidade epistemológico' no âmbito da Engenharia do Conhecimento, evitando que se desenvolva um Modelo baseado em pressupostos contraditórios ou incompatíveis.

Já em 'c', verificou-se que a aplicação dos dois primeiros viabilizam a criação de um SBC que apoia o processo de tomada de decisão.

A aplicação do Modelo é um passo necessário para verificar a sua viabilidade. A análise desta consiste em se verificar, a partir de um caso real ou hipotético (nesta Tese definido com apoio de um Analista do CNPq), as dificuldades e inconsistências produzidas pelo aparato metodológico do Modelo.

A realização dessa etapa demonstrou que, diferentemente de outros instrumentos, o SBC é capaz de revelar conhecimento a partir de fontes de informação; outros modelos apenas fornecem informação qualificada que devem ser contextualizadas e para que o gestor de C,T&I obtenha conclusões para orientar o processo de tomada de decisão.

No caso do experimento realizado, o SBC, por meio de uma base de conhecimento materializada na forma de uma ontologia (dados, informação e conhecimento modelados), com apoio de um motor de inferência, revelou conhecimentos que, de outra maneira, seriam obtidos após uma análise das informações ali contidas.

O Modelo criado proporciona os meios para o Engenheiro de Conhecimento construir um Sistema Baseado em Conhecimento no domínio de C,T&I, como pode ser verificado no Capítulo da sua aplicação.

Isso é possível em função da visão sobre Engenharia do Conhecimento utilizada na fundamentação teórica, ou dito de outra

forma, o caráter multidisciplinar que integra a Gestão do Conhecimento e os métodos e técnicas da Engenharia do Conhecimento tornam viável a criação do Modelo apresentado.

Tal visão é que proporciona a possibilidade de reuso do Modelo proposto, no âmbito de C,T&I, e também, adaptável à outras áreas de aplicação.

5.2 Pesquisas futuras

O apoio aos processos de tomada de decisão sempre ocuparam espaço nas pesquisas realizadas nas áreas associadas da Ciência da Computação e, mais recentemente, na Gestão da Informação e Gestão do Conhecimento.

Especificamente no contexto de C,T&I, tal apoio é cada vez mais necessário, no sentido de acompanhar as necessidades e anseios dos gestores de C,T&I, mudanças nos métodos e ferramentas para prover novos conhecimentos e informações, proporcionando, assim, novos olhares precisos às atividades de planejamento.

O Modelo apresentado, nesta Tese, possui limites claros em função da sua finalidade (apoiar a tomada de decisão no planejamento de C,T&I), mas ele pode ser facilmente portado para outros domínios de aplicação.

A metodologia de modelagem do domínio proporciona uma independência implementadora que dá, à equipe que desenvolverá o SBC, o espaço de decisão sobre as tecnologias que serão utilizadas.

Um aspecto observado na experimentação é o uso da Linguagem SWRL; considerando o domínio exemplificado, ela oferece os recursos necessários para modelar as regras identificadas no domínio; no entanto, sua expressividade é limitada, e se recomenda, ao Engenheiro de Conhecimento, o uso de linguagens lógicas com maior capacidade de descrição dos fatos do domínio, do que a utilizada neste experimento.

Por fim, há uma série de trabalhos futuros que podem ser iniciados, tomando, por pontos de partida, aspectos não aprofundados neste trabalho, a exemplo de:

- Estudo para a generalização de um modelo de mineração de conhecimento em bancos de dados orientados a algum tema específico (bancos de dados sobre inovação, sobre conhecimentos técnicos de substâncias químicas);
- Apoio na descoberta de novos conhecimentos em trabalhos prospectivos em C,T&I, objetivando ao identificação do comportamento de produtividade em segmentos acadêmicos;
- Identificação de ‘pesquisadores periféricos’ para áreas estratégicas de C,T&I, ou seja, aqueles que podem atuar de forma aplicada e multidisciplinar, a exemplo de ‘biólogos especialistas em engenharia genética para projetos de produção de biodiesel’.

Uma das conclusões obtidas deste trabalho é a de que a capacidade agregadora de valor dos produtos gerados, a partir de Metodologias como a que é proposta nesta Tese, é notória, mas demanda aplicações em domínios que podem variar em escala, ou seja, podem ser implantadas em grandes projetos ou em pequenos serviços. Por exemplo:

- Um pesquisador abre seu CV Lattes e é informado por um Agente de Conhecimento que ele poderia melhorar seus índices de produtividade em publicações de periódicos e, ainda, indicar quais periódicos ele poderia publicar;
- Um Pró-Reitor de Pesquisa numa Universidade poderia obter um mapa com recomendações para nortear investimentos de qualificação docente ou, ainda, de fomento à produtividade.

Iniciativas como estas são possíveis, a partir da Engenharia de Conhecimento e de Modelagem de SBC, tais como propostas nesta Tese.

Outro exemplo para aplicação futura da pesquisa aqui realizada está na área de Telemedicina. Tal área empreende esforços de profissionais e instituições da área da Saúde (médicos, enfermeiros, hospitais), em associação com centros de pesquisa na área de

Tecnologia da Informação e Computação Aplicada (desenvolvimento de sistemas, processamento de imagens, entre outras) e instâncias do Governo para minimizar os efeitos e dificuldades que a população carente de recursos de infraestrutura ou de pessoal médico possui.

Um Modelo para criação de Sistema Baseado em Conhecimento seria útil para apoiar tarefas diagnósticas (outro tipo de tarefa intensiva em conhecimento) que podem ser modeladas a partir do conhecimento e processos dos profissionais envolvidos.

As equipes de engenharia de sistemas poderiam adotar esse Modelo, e assim planejar o desenvolvimento e manutenção de suas ferramentas de maneira otimizada, evitando os revezes típicos de experimentos em softwares dessa natureza, que geralmente, demandam muito esforço e recursos para atenderem satisfatoriamente o campo de aplicação.

6 Bibliografia

ABRAMSON, BRUCE; NG, KEUNG-CHI. Toward an art and science of knowledge engineering: a case for belief networks. *Knowledge and Data Engineering, IEEE Transactions on*, v. 5, n. 4, p.705-712, ago 1993. Disponível em:<<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=234781&isnumber=6047>>. Acesso em: 01 mar 2008.

AJIFERUKE, ISOLA *et al.* Collaborative coefficient: A single measure of the degree of collaboration in research. *Scientometrics*, v. 14, n. 5, p.421-433, 1988. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1007/BF02017100>>. Acesso em: 01 out 2008.

ALMEIDA, JALCIONE *et al.* Pesquisa interdisciplinar na pós-graduação: (des)caminhos de uma experiência em andamento. *Revista Brasileira de Pós Graduação*, Brasília, v. 1, n. 2, p.116-140, nov 2004. Disponível em:<http://www2.capes.gov.br/rbpg/images/stories/downloads/RBPG/Vol.1_2_nov2004_/116_140_pesquisa_interdisciplinar_posgraduacao.pdf>. Acesso em: 01 jul 2007.

ALSTETE, JEFFREY W.; MEYER, JOHN P. Structuring Innovation in the Knowledge Management Platform: Perceptions and Practices *Journal of Information & Knowledge Management (JIKM)*, Londres, v. 9, n. 1, p.1-14, 2010. Disponível em:<<http://www.worldscinet.com.ez74.periodicos.capes.gov.br/jikm/09/preserved-docs/0901/S021964921000253X.pdf>>. Acesso em: 02-abr-2010.

ALVARENGA, LÍDIA. Representação do Conhecimento na Perspectiva da Ciência da Informação em Tempo e Espaço Digitais. *Encontros Bibli: Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, Florianópolis, v. 8, n. 15, p.18-40, 2003. Disponível em: <<http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/eb/article/view/97/5233>>. Acesso em: 01-ago-2008.

BALANCIERI, RENATO *et al.* A análise de redes de colaboração científica sob as novas tecnologias de informação e comunicação: um estudo na Plataforma Lattes. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 34, n. 1, p.64-77, jan/abr 2005. Acesso em: 01 ago 2006.

BITTENCOURT, GUILHERME. *Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias*. 3^a. ed. Florianópolis: UFSC, 2006. 371 p.

BITTENCOURT, GUILHERME. *An Architecture for Hybrid Knowledge Representation*. (1990). 132 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Informática, Universität Karlsruhe Karlsruhe, 1990. Disponível em: <<http://iaks-www.ira.uka.de/calmet/dissertationen/Diss-Bittencourt.pdf>>. Acesso: 01 fev 2010.

BORST, W. N. *Construction of Engineering Ontologies for Knowledge Sharing and Reuse*. Disponível em: <<http://www.ub.utwente.nl/webdocs/inf/1/t0000004.pdf>>. Acesso em: 21-jan-2008.

BRACHMAN, RONALD J.; LEVESQUE, HECTOR J. *Knowledge Representation and Reasoning*. San Francisco - CA: Elsevier, 2004. 413 p.

BRACHMAN, RONALD J.; LEVESQUE, HECTOR J.
Expressiveness and tractability in knowledge representation and reasoning. *Computational Intelligence*, v. 3, n. 1, p.78-93, 1987. 10.1111/j.1467-8640.1987.tb00176.x. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8640.1987.tb00176.x>>.

BRASIL, MEC CAPES. *Documento de Área 2009 - Interdisciplinar*. CAPES. Brasília, 30 p. 2009 Disponível em: <<http://www.capes.gov.br/images/stories/download/avaliacao/INTER17jun10.pdf>>. Acesso em: 15/01/2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO - COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR. *Plano Nacional de Pós-Graduação - PNPG 2005/2010*. ed, Brasília: 2005.91 p. Disponível em:<http://www.capes.gov.br/images/stories/download/editais/PNPG_2005_2010.pdf>. Acesso em: 01-fev-2010.

BRASIL, MINISTÉRIO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA. *Plano de Ação C,T&I 2007/2010*. ed, Brasília: 2007 406 p. Disponível em:<http://www.mct.gov.br/upd_blob/0021/21439.pdf>. Acesso em: 01-jan-2010.

CAMPOS, MARIA LUIZA ALMEIDA. Modelização de domínios de conhecimento: uma investigação de princípios fundamentais. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 33, n. 1, p.22-33, 2004. Disponível em:<<http://revista.ibict.br/index.php/ciinf/article/view/56/53>>. Acesso em: 01-ago-2007.

CAMPS, DIEGO. Limitaciones de los indicadores bibliométricos en la evaluación de la actividad científica biomédica. *Colombia Médica*, Cali, v. 56, n. 1, p.74-79, 2008. Disponível

em:<<http://www.scielo.org.co/pdf/cm/v39n1/v39n1a9.pdf>>.

Acesso em: 01-mai-2010.

CARLSSON, BO *et al.* Knowledge creation, entrepreneurship, and economic growth: a historical review. *Industrial and Corporate Change*, v. 18, n. 6, p.1193-1229, 2009. Disponível em:<<http://icc.oxfordjournals.org/cgi/reprint/18/6/1193>>.

Acesso em: 15/01/2010.

CGEE, CENTRO DE GESTÃO E ESTUDOS ESTRATÉGICOS. *Doutores 2010*. ed, Brasília: CGEE, 2010.p. Disponível

em:<<http://www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=6401>>. Acesso em: 15-jun-2010.

CHOO, CHUN WEI. *A organização do conhecimento: como as organizações usam a informação para criar significado, construir conhecimento e tomar decisões*. 2. ed. São Paulo: SENAC, 2006. 425 p.

COPE, BILL; KALANTZIS, MARY. Signs of epistemic disruption: Transformations in the knowledge system of the academic journal. *First Monday*, v. 14, n. 4, p.1-26, jun 2009. Disponível

em:<<http://firstmonday.org/htbin/cgiwrap/bin/ojs/index.php/fm/article/view/2309/2163>>. Acesso em: 01 jun 2009.

CRAVEIRO, AMÉRICO. Gestão Estratégica da Ciência, Tecnologia e Inovação (Simpósio). *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 14, n. 2, p.179-180, jun 2002. (Ed. especial da Memória da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: memória). Disponível

em:<<http://www.cgee.org.br/arquivos/simposios.pdf>>. Acesso em: 01 jun 2008.

CRUZ, CARLOS HENRIQUE DE BRITO. Desafios Estratégicos. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 1, n. 14, p.95-102, junho 2002. (Ed. Especial da Memória da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação:memória).

Disponível

em:<<http://www.cgee.org.br/arquivos/plenarias.pdf>>. Acesso em: 01 jul 2008.

DE BACKER, MANU *et al.* A scenario-based verification technique to assess the compatibility of collaborative business processes. *Data & Knowledge Engineering*, v. 68, n. 6, p. 531-551, 2009.

DI TRAPANI, ANTONELLA. The european science foundation promotes excellence in materials science research. *Advanced Materials*, v. 21, n. 10-11, p. 1041-1042, 2009.

DIAS, MARIA MADALENA; PACHECO, ROBERTO CARLOS DOS SANTOS. Uma visão geral de metodologias para o desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento. *Datagramazero*, v. 10, n. 5, 2009. Disponível em:<http://www.dgz.org.br/out09/Art_03.htm>. Acesso em: 01-fev-2010.

EGC, PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E GESTÃO DO CONHECIMENTO.

Engenharia do Conhecimento. Disponível em:

<<http://150.162.51.30:8080/egc/portal/curso/aconcentracao/espelho.do?codDados=3>>. Acesso em: 01 ago 2009.

FARLEY, SARA E. Apoio à ciência, tecnologia e conhecimento para o desenvolvimento: um breve retrato do panorama global. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 23, n. 1, p.07-74, dez 2006. Disponível

em:<http://www.cgee.org.br/arquivos/pe_23.pdf>. Acesso em: 01 mar 2008.

FEIGENBAUM, EDWARD ALBERT. The Art of Artificial Intelligence: Themes and case studies of knowledge engineering. In: Proceedings 5th Joint Conference on Artificial Intelligence, Cambridge, MA. Conference Proceedings. Place. Published, 1977. p.1014-1029. Disponível em:<<ftp://reports.stanford.edu/pub/cstr.old/reports/cs/tr/77/621/CS-TR-77-621.pdf>>. Acesso em: 01-dez-2009.

FEIGENBAUM, EDWARD ALBERT *et al.* On generality and problem solving: a case study using the DENDRAL program. *Machine Intelligence*, Edinburgh, GB, v. 6, p.165-190, 1971. Disponível em:<http://profiles.nlm.nih.gov/BB/A/B/K/V/_/bbabkv.pdf>. Acesso em: 12-jan-2009.

FEIGENBAUM, EDWARD ALBERT; MCCORDUCK, PAMELA. *The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World*. 1ª. ed. Boston: Addison-Wesley, 1983. 275 p.

FISCHHOFF, B. Eliciting knowledge for analytical representation. *Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on*, v. 19, n. 3, p.448-461, 1989. Disponível em:<<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=31052>>.

GARCIA, JOANA COELI RIBEIRO. Gestão e tecnologia da informação: desafios do profissional da informação. *Datagramazero*, v. 9, n. 5, out 2008. Disponível em:<http://dgz.org.br/out08/F_I_iden.htm>. Acesso em: 13 jul 2009.

GIARRATANO, JOSEPH; RILEY, GARY. *Expert Systems: Principles and Programming*. Boston: PWS Publinsing Compaty, 1998. 597 p.

GIBBONS, MICHAEL *et al.* *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*. SAGE Publications, 1994. p.

GOMEZ-PEREZ, ASUNCION *et al.* *Ontological Engineering : with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web. First Edition (Advanced Information and Knowledge Processing)*. Springer, 2004. p.

GRONAU, NORBERT *et al.* *The KMDL Knowledge Management Approach: Integrating Knowledge Conversions and Business Process Modeling**Practical Aspects of Knowledge Management*, 2004. p. 1-10.

GRUBER, THOMAS R. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 43, n. 5-6, p.907-928, 1995. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WGR-45NJJDF-K/2/b47f5cb67315c76b60ac39f44e0a2cec>>.

GRUBER, THOMAS R. A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, v. 5, n. 2, p.199-220, jun 1993. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6WMS-45P67XR-D/2/b9a5cb273fc6497ae1b4fefad29b30b5>>. Acesso em: 01 nov 2007.

GUARINO, NICOLA. Formal Ontology and Information Systems. In: Proceedings of FOIS'98, 6-8 de junho de 1988, Trento - Italia. 1988, Conference Proceedings. Place.

Published: IOS Press, 1998. p.3-15. Disponível em:<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.29.1776>>. Acesso em: 01-fev-2010.

GUIMARÃES, REINALDO. O Futuro da Pós-Graduação: avaliando a avaliação. *Revista Brasileira de Pós Graduação*, Brasília, v. 4, n. 8, p.282-292, 2007. Disponível em:<http://www2.capes.gov.br/rbpg/images/stories/downloads/RBPG/Vol.4_8dez2007/Debates_artigo3_n8.pdf>. Acesso em: 03-fev-2010.

HARA, NORIKO *et al.* An emerging view of scientific collaboration: scientists' perspectives on collaboration and factors that impact collaboration. *J. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, v. 54, n. 10, p.952-965, 2003. 941245. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1002/asi.10291>>. Acesso em: 01-ago-2008.

HESELS, LAURENS K.; VAN LENTE, HARRO. Re-thinking new knowledge production: A literature review and a research agenda. *Research Policy*, v. 37, n. 4, p. 740-760, 2008.

HICKS, DIANA; KATZ, J. SYLVAN. Systemic bibliometric indicators for the knowledge-based economy. *OECD workshop on New Indicators for the Knowledge-Based Economy* Paris, 1996 1996. Disponível em:<<http://www.sussex.ac.uk/Users/sylvank/hickskatz/oecd.html>>.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 102, n. 46, p.16569-16572, nov 2005. Disponível

em:<<http://www.pnas.org/content/102/46/16569.abstract>>.
Acesso em: 01 out 2008.

HOU, HAIYAN *et al.* The structure of scientific collaboration networks in Scientometrics. *Scientometrics*, v. 75, n. 2, p.189-202, mai 2008. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1007/s11192-007-1771-3>>. Acesso em: 17 mai 2009.

HOUGHTON, JOHN W. *et al.* *Changing Research Practices in the Digital Information and Communication Environment*. 1 ed, Australia 2003.p. Disponível em:<http://www.dest.gov.au/NR/rdonlyres/AC17B809-3896-46E2-920A-0FD5CA29F843/1424/c_res_pract.pdf>.

JAPIASSU, HILTON. *Interdisciplinaridade e patologia do saber*. Rio de Janeiro: Imago, 1976. 220 p.

KATZ, J. SYLVAN. Scale-independent indicators and research evaluation. *Science and Public Policy*, v. 27, n. 1, p.23-36, fev 2000. 10.3152/147154300781782156. Disponível em:<<http://www.ingentaconnect.com/content/beechnet/spp/2000/0000027/00000001/art00003>>. Acesso em: 01 out 2007.

KATZ, J. SYLVAN; MARTIN, BEN R. What is research collaboration? *Research Policy*, v. 26, n. 1, p.1-18, jun 1997. Disponível em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6V77-3SWTPF2-1/2/a048c55fe69c0245af070846dd619a24>>. Acesso em: 01 out 2007.

KENDAL, SIMON; CREEN, MALCOM. *An Introduction to Knowledge Engineering*. Londres: Springer Verlag, 2007. 287 p.

KENSCH, DAVID *et al.* Generic schema mappings for composition and query answering. *Data & Knowledge Engineering*, v. 68, n. 7, p. 599-621, 2009.

LAKEMEYER, GERHARD; NEBEL, BERNHARD. Foundations of Knowledge Representation and Reasoning. *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, Berlin, v. 810, p.1-12, 1994. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=4959958A0794D2A9DD4B4E9552B077B8?doi=10.1.1.53.3470&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 01 fev 2010.

LEE, SOOHO; BOZEMAN, BARRY. The Impact of Research Collaboration on Scientific Productivity. *Social Studies of Science*, v. 35, n. 5, p. 673-702, October 1, 2005 2005.

LEPORI, BENEDETTO *et al.* New perspectives and challenges for the design and production of ST indicators. *Research Evaluation*, v. 17, n. 1, p.33-44, 2008. 10.3152/095820208X291176. Disponível em: <<http://www.ingentaconnect.com/content/beechn/rev/2008/0000017/00000001/art00004>>.

LEY, TOBIAS *et al.* A methodology for eliciting, modelling, and evaluating expert knowledge for an adaptive work-integrated learning system. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 68, n. 4, p. 185-208, abril 2010.

LIM, AMY H. L.; LEE, CHIEN-SING. Processing online analytics with classification and association rule mining. *Knowledge-Based Systems*, v. 23, n. 3, p. 248-255, abr 2010.

LOSS, LEANDRO. Concept Maps as a Tool for Supporting Knowledge Management in Collaborative Research Projects. *Journal of Information & Knowledge Management (JIKM)*,

Londres, v. 8, n. 3, p.201-211, 2009. Disponível em:<<http://www.worldscinet.com.ez74.periodicos.capes.gov.br/jikm/08/preserved-docs/0803/S0219649209002336.pdf>>.

Acesso em: 03-nov-2009.

LU, ZI *et al.* Analyzing the effect of website information flow on realistic human flow using intelligent decision models. *Knowledge-Based Systems*, v. 23, n. 1, p. 40-47, fev 2010.

LUIS MOLINA, JOSÉ *et al.* Redes de publicaciones científicas: un análisis de la estructura de coautorías. *Redes*, v. 1, n. 3, p.1-15, jan 2002. Disponível em:<http://revista-redes.rediris.es/pdf-voll/voll_3.pdf>. Acesso em: 01 jun 2008.

MAIA, MARIA DE FÁTIMA S.; CAREGNATO, SÔNIA ELISA. Co-autoria como indicador de redes de colaboração científica. *Perspectivas em Ciência da Informação*, Belo Horizonte, v. 13, n. 2, p.18-31, 2008. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-99362008000200003&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 01-fev-2010.

MARCONI, MARINA DE ANDRADE; LAKATOS, EVA MARIA. *Técnicas de Pesquisa: planejamento e execução de pesquisas; amostragens e técnicas de pesquisa; elaboração análise e interpretação de dados*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.

MATSAS, GEORGE E. A. What are scientific leaders? The introduction of a normalized impact factor *0809.0290*, 2008. Disponível em:<<http://arxiv.org/abs/0809.0290>>.

MAYER, KARL ULRICH. New Directions in Life Course Research. *Annual Review of Sociology*, v. 35, n. 1, p. 413-433, 2009.

MENA-CHALCO, JESÚS PASCUAL; CEZAR JR, ROBERTO MARCONDES. An Open Source Knowledge Extration System from the Lattes Plataform. *Journal of Brazilian Computer Society*, Campinas, v. 15, n. 4, p.31-39, 2009. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/jbcos/v15n4/04.pdf>>. Acesso em: 01 mar 2010.

MENDES, RAQUEL DIAS. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL: SISTEMAS ESPECIALISTAS NO GERENCIAMENTO DA INFORMAÇÃO. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 26, n. 1, 1997. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-19651997000100006&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 01-fev-2009.

MENDONÇA, MAURO. Gestão Estratégica da Ciência, Tecnologia e Inovação (Simpósio). *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 14, n. 2, p.187-188, jun 2002. (Ed. especial da Memória da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação: memória). Disponível em:<<http://www.cgee.org.br/arquivos/simposios.pdf>>. Acesso em: 01 jun 2008.

NEWEL, ALLEN; SIMON, HERBERT A. Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search. *Communications of the ACM*, v. 19, n. 3, p.113-126, 1976. Disponível em:<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.104.2482&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em: 20-nov-2009.

NEWEL, ALLEN; SIMON, HERBERT A. Report on a General Problem-Solver. In: Proceedings of the International Conference on Information Processing, 15-20 June 1959, Paris. Conference Proceedings. Place. Published: UNESCO, 1959.

p.256-264. Disponível em:<http://www.bitsavers.org/pdf/rand/ipl/P-1584_Report_On_A_General_Problem-Solving_Program_Feb59.pdf>. Acesso em: 04-jan-2010.

NEWMAN, M. E. J. Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 101, n. Suppl 1, p.5200-5205, 2004. Disponível em:<<http://www.pnas.org/content/101/suppl.1/5200.abstract>>. Acesso em: 01-out-2008.

NEWMAN, M. E. J. The structure of scientific collaboration networks. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 98, n. 2, p.404-409, jan 2001. Disponível em:<<http://www.pnas.org/content/98/2/404.full.pdf>>. Acesso em: 01 out 2007.

NIEDERAUER, CARLOS ALBERTO PITTALUGA. *Ethos: um modelo para medir a produtividade relativa de pesquisadores baseado na Análise por Envoltória de Dados*. (2002). 146 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

NONAKA, IKUJIRO; TAKEUCHI, HIROTAKA. *Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação*. 18. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004. p.

NOOY, WOUTER DE *et al.* *Exploratory Social Network Analysis with Pajek (Structural Analysis in the Social Sciences)*. Cambridge University Press, 2005. 334 p.

NOWOTNY, HELGA *et al.* Introduction: 'Mode 2' Revisited: The New Production of Knowledge. *Minerva*, v. 41, n. 3, p.179-194, set 2003. Disponível em:<<http://www.springerlink.com/content/w483436362tp5725/>>. Acesso em: 01 out 2007.

OECD. *Manual de Oslo*. Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3ª ed, Rio de Janeiro: FINEP, 2005. 184 p. Disponível em:<http://www.finep.gov.br/imprensa/sala_imprensa/manual_de_oslo.pdf>.

OECD. *Managing National Innovation Systems*. Paris, 1999. 115 p.

PACHECO, ROBERTO CARLOS SANTOS *et al.* Uma análise da pesquisa em engenharia e ciências mecânicas no Brasil a partir dos dados da Plataforma Lattes. *Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas*, Rio de Janeiro, v. 12, n. 1, p.18-24, Outubro 2007. Disponível em:<http://www.abcm.org.br/downloads/abcm_engenharia_vol_12_num01_out2007.pdf>. Acesso em: 02 fev 2008.

PADMA, T.; BALASUBRAMANIE, P. Knowledge based decision support system to assist work-related risk analysis in musculoskeletal disorder. *Knowledge-Based Systems*, v. 22, n. 1, p. 72-78, jan 2009.

PANDEY, ANJANA; PARDASANI, K. R. PPCI Algorithm for Mining Temporal Association Rules in Large Databases. *Journal of Information & Knowledge Management (JIKM)* Londres, v. 8, n. 4, p.345-352, 2009. Disponível em:<<http://www.worldscinet.com.ez74.periodicos.capes.gov.br/jikm/08/preserved-docs/0804/S0219649209002440.pdf>>. Acesso em: 10-jan-2010.

PARRA, JOSÉ ROBERTO POSTALI *et al.* Área de Ciências Agrárias. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 4, n. 14, p.11-31, jun 2002. (Ed. Especial da Memória da Conferência Nacional de Ciência, Tecnologia e Inovação:memória). Disponível em:<<http://www.cgee.org.br/arquivos/abc.pdf>>. Acesso em: 01 jul 2008.

PARSONS, JEFFREY *et al.* SQOWL: Type Inference in an RDBMS *Conceptual Modeling – ER 2010*: Springer Berlin / Heidelberg. p. 362-376. (Lecture Notes in Computer Science).

PEE, L. G.; KANKANHALLI, A. A Model of Organisational Knowledge Management Maturity Based on People, Process, and Technology. *Journal of Information & Knowledge Management (JIKM)*, Londres, v. 8, n. 2, p.79-99, 2009. Disponível em:<<http://www.worldscinet.com.ez74.periodicos.capes.gov.br/jikm/08/preserved-docs/0802/S0219649209002270.pdf>>. Acesso em: 15-jul-2009.

PELLEGRINI FILHO, ALBERTO. Pesquisa em saúde, política de saúde e equidade na América Latina. *Ciência & Saúde Coletiva*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p.339-350, abr/jun 2004. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/csc/v9n2/20389.pdf>>. Acesso em: 01 de fevereiro de 2008.

PEREZ-SOLTERO, ALONSO *et al.* Design of an Ontology as a Support to the Knowledge Audit Process in Organisations. *Journal of Information & Knowledge Management (JIKM)*, Londres, v. 8, n. 2, p.147-158, 2009. Disponível em:<<http://www.worldscinet.com.ez74.periodicos.capes.gov.br/jikm/08/preserved-docs/0802/S0219649209002257.pdf>>. Acesso em: 16-jul-2009.

PIRRÓ, GIUSEPPE; TALIA, DOMENICO. UFOMe: An ontology mapping system with strategy prediction capabilities. *Data & Knowledge Engineering*, v. 69, n. 5, p.444-471, 2010. doi: 10.1016/j.datak.2009.12.002. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169023X09001840>>. Acesso em: 01-jun-2010.

PORCEL, C.; HERRERA-VIEDMA, E. Dealing with incomplete information in a fuzzy linguistic recommender system to disseminate information in university digital libraries. *Knowledge-Based Systems*, v. 23, n. 1, p. 32-39, fev 2010.

RAE, THE ROYAL ACADEMY OF ENGINEERING. *Measuring Excellence in Engineering Research*. The Royal Academy of Engineering. Reino Unido: Janeiro 2000, 29 p. 2000. (R1.19) Disponível em: <http://www.raeng.org.uk/news/publications/list/reports/Measuring_Excellence.pdf>. Acesso em: 01 out 2007.

RAMALHO, ROGÉRIO APARECIDO SÁ *et al.* Web Semântica: uma investigação sob o olhar da Ciência da Informação. *Datagramazero*, Rio de Janeiro, v. 8, n. 6, 2007. Disponível em: <http://www.dgz.org.br/dez07/Art_04.htm>. Acesso em: 01-ago-2009.

RAUTENBERG, SANDRO. *Modelo de conhecimento para mapeamento de instrumentos da gestão do conhecimento e de agentes computacionais da engenharia do conhecimento baseado em ontologias* (2009). 238 f. Tese (Doutorado) - Departamento de Engenharia do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009. Disponível em: <<http://www.tede.ufsc.br/teses/PEGC0125-T.pdf>>.

RECKER, JAN; ROSEMAN, MICHAEL. The measurement of perceived ontological deficiencies of conceptual modeling grammars. *Data & Knowledge Engineering*, v. 69, n. 5, p.516-532, 2010. doi: 10.1016/j.datak.2010.01.003. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169023X10000042>>. Acesso em: 01-jun-2010.

RIBEIRO JR., DIVINO IGNACIO RIBEIRO. *Agentes Inteligentes como Mediadores na Recuperação da Informação*. (2001). 113 f. dissertação (Mestrado) - Departamento de Ciência da Informação, Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP, Marília, 2001.

RIBEIRO JR., DIVINO IGNACIO *et al.* Modeling and Creation of an Ontology to Organize Knowledge related to Toxicology. In: BOUKERCHE, A., LOUREIRO, A. A. F. (Ed.). *I2TS 2009 - Proceedings 8th International Information and Telecommunication Technologies Symposium*. v. 8. Florianópolis: Fundação Barddal de Educação e Cultura, 2009. p. 175-178.

RICH, ELAINE; KNIGHT, KEVIN. *Inteligência Artificial*. 2ª ed. São Paulo: Makron Books, 1994. 722 p.

RUSSEL, STUART JONATHAN; NORVIG, PETER. *Artificial intelligence a modern approach*. New Jersey: Prentice Hall, 1995. 932 p.

SALES, RODRIGO DE; CAFÉ, LÍGIA. Semelhanças e Diferenças entre Tesouros e Ontologias. *Datagramazero*, Rio de Janeiro, v. 9, n. 4, p.1-14, 2008. Disponível em: <http://www.dgz.org.br/ago08/Art_02.htm>. Acesso em: 01-ago-2009.

SANTOS, MARCIO DE MIRANDA *et al.* Prospecção em ciência, tecnologia e inovação: a abordagem conceitual e metodológica do Centro de Gestão e Estudos Estratégicos e sua aplicação para os setores de recursos hídricos e energia. *Parcerias Estratégicas*, Brasília, v. 18, n. 1, p.191-238, ago 2004. Disponível em:<http://www.cgee.org.br/arquivos/pe_18.pdf>. Acesso em: 01 jun 2008.

SANTOS, RAIMUNDO NONATO MACEDO DOS. Produção científica: por que medir? o que medir? *Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*, v. 1, n. 1, p.22-38, jul-dez 2003. Disponível em:<<http://www.sbu.unicamp.br/seer/ojs/viewarticle.php?id=7>>. Acesso em: 01 dez 2008.

SANTOS, RAIMUNDO NONATO MACEDO DOS; KOBASHI, NAIR YUMIKO. Aspectos metodológicos da produção de indicadores em ciência e tecnologia. In: CINFORM - Encontro Nacional de Ciência da Informação, 2005, Salvador. 2005, Conference Proceedings. Place. Published: UFBA, 2005. Disponível em:<http://www.cinform.ufba.br/vi_anais/docs/RaimundoNonaToSantos.pdf>. Acesso em: 01 jul 2007.

SCHREIBER, G. *et al.* CommonKADS: a comprehensive methodology for KBS development. *IEEE Expert*, v. 9, n. 6, p.28-37, 1994. Disponível em:<<http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=363263>>. Acesso em: 02-fev-2010.

SCHREIBER, GUUS *et al.* *Knowledge Engineering and Management: The CommonKADS Methodology*. Massachussets: MIT Press, 2002. 401 p.

SHORTLIFFE, EDWARD HANCE; BUCHANAN, BRUCE G. *Rule-based expert systems: the MYCIN experiments of the Stanford heuristic programming project*. Reading, Massachusetts: Addison-Wesley, 1984. 748 p.

SILVA, ANTONIO BRAZ DE OLIVEIRA E *et al.* Análise de redes sociais como metodologia de apoio para a discussão da interdisciplinaridade na ciência da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 35, n. 1, p.72-93, jan-abr 2006.

Disponível

em:<<http://www.scielo.br/pdf/ci/v35n1/v35n1a09.pdf>>. Acesso em: 01 out 2007.

SILVA, CYLON GONÇALVES DA; MELO, LÚCIA CARVALHO PINTO DE. *Ciência, tecnologia e inovação*. desafio para a sociedade brasileira - livro verde. ed, Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia / Academia Brasileira de Ciências, 2001.250 p. Disponível

em:<http://www.cgee.org.br/prospeccao/doc_arq/prod/registro/pdf/regdoc4325.pdf>. Acesso em: 01 jun 2008.

SMITH, BRIAN CANTWELL. *Procedural Reflexion in Programming Languages*. (1982). 762 f. Doctor of Philosophy (Doutorado) - Departamento de Engenharia Elétrica e Ciência da Computação, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 1982. Disponível

em:<<http://publications.csail.mit.edu/lcs/pubs/pdf/MIT-LCS-TR-272.pdf>>. Acesso: 01-dez-2009.

STEWART, THOMAS A. *Capital Intelectual: a nova vantagem competitiva das empresas*. 14. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 237 p.

STUDER, RUDI *et al.* Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, v. 25, n. 1-2, p.161-

197, mar 1998. DOI: 10.1016/S0169-023X(97)00056-6.

Disponível

em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/B6TYX-3SYXJ6S-G/2/67ea511f5600d90a74999a9fef47ac98>>. Acesso em: 01 ago 2005.

STUMPF, SIMONE *et al.* Interacting meaningfully with machine learning systems: Three experiments. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 67, n. 8, p.639-662, 2009. doi: 10.1016/j.ijhcs.2009.03.004. Disponível

em:<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581909000457>>. Acesso em: 6-set-2009.

TEIXEIRA, OLÍVIO ALBERTO. Interdisciplinaridade: Problemas e Desafios. *Revista Brasileira de Pós Graduação*, Brasília, v. 1, n. 2, p.57-69, julho 2004. Disponível

em:<http://www2.capes.gov.br/rbpg/images/stories/downloads/RBPG/Vol.1_1_jul2004_/57_69_interdisciplinaridade_problemas_desafios.pdf>. Acesso em: 01 de setembro de 2007.

TORO, CARLOS *et al.* Domain Modeling Based on Engineering Standards *Lecture Notes in Computer Science*, Berlin, v. 5711/2009, p.95-102, 2009. Disponível

em:<http://www.ehu.es/ccwintco/uploads/7/7b/KES2009_ctoroV9.pdf>. Acesso em: 04-02-2010.

TURBAN, EFRAIM; FRENZEL, LOUIS E. *Expert Systems and Applied Artificial Intelligence*. New Jersey - EUA: Prentice-Hall, 1992. 804 p.

VELHO, LÉA MARIA LEME STRINI. A Política científica, tecnológica e de inovação baseada em evidência: a "velha" e a "nova" geração. In: CGEE, C. D. G. E. E. E. (Ed.). *Nova geração de política em ciência, tecnologia e inovação*. Brasília: CGEE, 2010. Cap.Introdução. p. 184.

VIOTTI, EDUARDO BAUMGRATZ. Fundamentos e Evolução dos Indicadores de CT&I. In: UNICAMP (Ed.). *Indicadores de Ciência, Tecnologia e Inovação no Brasil*. Campinas: UNICAMP, 2003. Cap.1. p. 41-88.

VIOTTI, EDUARDO BAUMGRATZ; MACEDO, MARIANO DE MATOS. *Indicadores de ciência, tecnologia e inovação no Brasil*. Campinas, 2003. 614 p.

WAN, SHIUAN; LEI, TSU CHIANG. A knowledge-based decision support system to analyze the debris-flow problems at Chen-Yu-Lan River, Taiwan. *Knowledge-Based Systems*, v. 22, n. 8, p. 580-588, dez 2009.