

Ontologias de domínio no mapeamento de instrumentos da gestão do conhecimento e de agentes computacionais da engenharia do conhecimento: o estado da arte

Sandro Rautenberg

Professor do Depto de Ciência da Computação/UNICENTRO. Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento - EGC/UFSC

José Leomar Todesco

Professor do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento - EGC/UFSC

Andrea Valéria Steial

Professora do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento - EGC/UFSC

Este artigo trata do estado da arte da aplicação de ontologias no domínio da convergência tecnológica dos Agentes Computacionais da Engenharia do Conhecimento e Instrumentos da Gestão do Conhecimento. Esse domínio é caracterizado pela interdisciplinaridade e complementaridade, cuja comunicação entre engenheiros e gestores do conhecimento é dificultada pela polissemia dos conceitos inerentes. Prospectando cenários, conclui-se que aplicar ontologias como modelos de conhecimento contribui à comunicação perante a formalização de uma fonte para publicação, compartilhamento, referência e aplicação de conhecimento interdisciplinar.

Palavras-chave: *Ontologias de domínio; Modelos de conhecimento; Ontologias como modelos de conhecimento; Instrumentos da Gestão do Conhecimento; Agentes Computacionais da Engenharia do Conhecimento.*

Domain Ontologies for mapping knowledge management instruments and knowledge engineering computational agents: the state-of-the-art

This paper outlines the state of the art in applying ontologies in the technological convergence of Knowledge Engineering Computational Agents and Knowledge Management Instruments. This domain is viewed as interdisciplinary and complementary domain, where the communication between knowledge engineer and knowledge management is compromised by polysemic concepts. Prospecting scenarios, we concluded that applying ontologies as knowledge models can be useful to the communication, by formalizing a resource for publishing, sharing referencing and applying interdisciplinary knowledge.

Keywords: *Domain ontologies; Knowledge models; Ontologies as knowledge models; Knowledge management instruments; Knowledge engineering computational agents.*

1 Introdução

Os anos noventa foram marcados por uma nova era nas Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), onde a Internet teve sua forma de utilização ampliada para outros fins (LIAO, 2003), além da pesquisa científica. Isso contribuiu à geração de novos instrumentos para comunicar e compartilhar informações (ISKE; BOERSMA, 2005), o que, por sua vez, contribuiu para o surgimento de uma nova disciplina, a Gestão do Conhecimento (GC) (HOLSAPPLE, 2005; STUDER *et al.*, 2000).

No escopo deste trabalho, a GC é compreendida como a gestão formal do conhecimento para facilitar a criação, o acesso e o reuso do conhecimento, tipicamente utilizando tecnologias avançadas (O'LEARY, 1998). Esta perspectiva da GC está alinhada à abordagem tecnológica de Jurisica *et al.* (2004), que pontuam a preocupação da GC com a representação, organização, aquisição, criação, utilização e evolução do conhecimento em suas várias formas. Segundo os autores e, também para Hendricks (1999), para a construção efetiva de tecnologias de GC, precisa-se compreender como indivíduos, grupos e organizações usam o conhecimento. Isso leva a muitos temas, desafios e problemas que são um "território familiar" da Engenharia do Conhecimento (EC), onde

engenheiros do conhecimento adaptam, testam e validam métodos e ferramentas em iniciativas reais de GC (SHADBOLT; MILTON, 1999).

A EC e a GC são, portanto, áreas interdisciplinares e complementares, cuja convergência tem se acentuado nos últimos anos (SCHREIBER *et al.*, 2002). Neste contexto, apresentam-se algumas indagações. Que tecnologias e técnicas podem ser empregadas na GC (METAXIOTIS *et al.*, 2003)? O que deve ser feito para que os Sistemas de Conhecimento tomem o seu lugar como ferramentas para GC (LIAO, 2003)? Como combinar infraestrutura tecnológica e organizacional, no contexto de organizações baseadas no conhecimento (HOLSAPPLE, 2005)? Que estratégias de GC adotar e que tipo de ferramentas tecnológicas implantar (CHUA, 2003)? Como definir a perspectiva adequada que se reflita na amplitude do conceito de GC e nas especificidades dos Agentes da EC (HENDRICKS, 1999)?

Tais questões remetem à complementaridade da EC e GC e, sobretudo, a um problema de pesquisa. Por exemplo, um gestor que não tenha formação técnica, mas que deseja usar tecnologia em seus Instrumentos da GC, tende a ter dificuldades em selecionar soluções de uma vasta lista de ferramentas tecnológicas (CHUA, 2004; GOTTSCHALK, 2007). Reciprocamente, um engenheiro do conhecimento, familiarizado com tecnologias específicas, mas que desconheça os processos de GC, tende a recomendar soluções pouco aderentes às necessidades do gestor (CHUA, 2004; MIKA, AKKERMANS, 2005). É na intersecção destas visões que se tem um problema de representação, comunicação e convergência de parte dos modelos de conhecimento da GC e da EC, tal como ilustrado na FIG. 1.

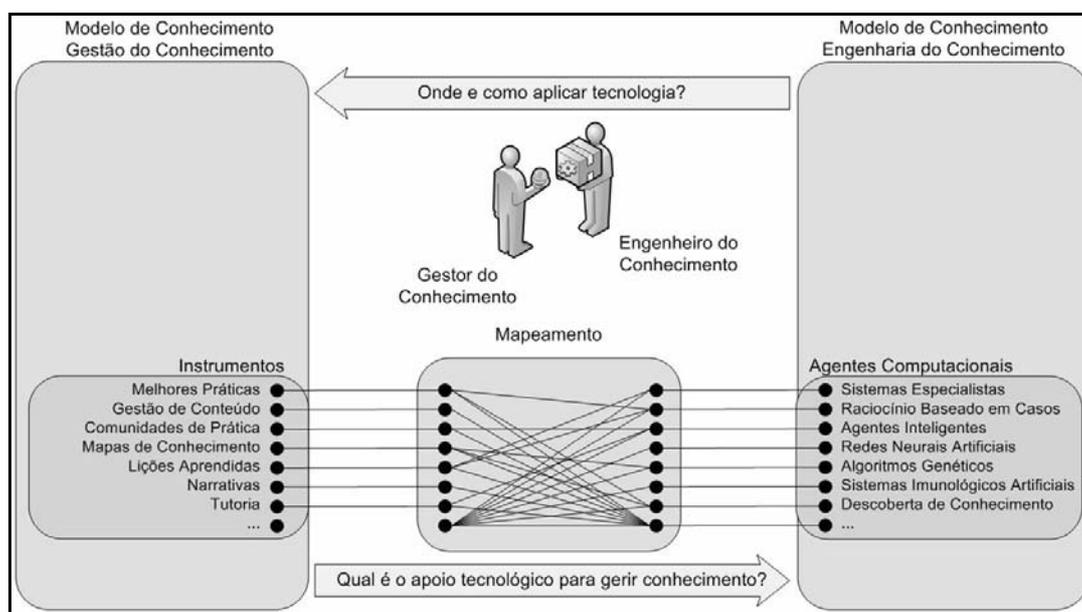


FIGURA 1 - REPRESENTAÇÃO DO PROBLEMA DE PESQUISA

Fonte: Dados da pesquisa.

Compreende-se que a convergência entre a EC e GC ocorre por meio da utilização de Agentes Computacionais da EC (SCHREIBER *et al.*, 2002), por exemplo, Redes Neurais Artificiais, Sistemas Especialistas, Raciocínio Baseado em Casos (HENDRICKS, 1999), nos Instrumentos da GC (MAIER, 2007), por exemplo, Gestão de Conteúdo, Lições Aprendidas e Melhores Práticas (REMUS; SCHUB, 2003). É neste cenário de convergência que se origina a questão de interesse: “como estabelecer um modelo de conhecimento inerente ao mapeamento dos Instrumentos da GC e dos Agentes Computacionais da EC?”

Para propor uma solução a essa questão, primeiramente, entende-se “modelo de conhecimento” na perspectiva de Devedzic (2002), Kiryakov (2006), Lacasta *et al.* (2006) e Brazhnik (2007). Devedzic (2002) afirma que um modelo de conhecimento deve representar os conceitos e fenômenos de um domínio particular de interesse. Por sua vez, um modelo de conhecimento pode ser formalizado computacionalmente através de ontologias (KIRYAKOV, 2006; LACASTA *et al.*, 2006), agrupando conceitos relevantes, definindo as relações entre conceitos e permitindo a exploração do conhecimento (BRAZHNIK, 2007).

Considerando-se essa definição de modelo de conhecimento e a possibilidade de formalizá-lo por meio de ontologias, o presente artigo tem como objetivo analisar a literatura de áreas afins para traçar o estado da arte da aplicação de ontologias como modelos de conhecimento do mapeamento da utilização dos Agentes Computacionais da EC para com os Instrumentos da GC. Considerando a polissemia deste domínio, atestada pela falta de consenso nas definições e na nomenclatura (LIEBOWITZ, 2001; LIAO, 2003; FIRESTONE, 2008), pressupõe-se que se valer de um modelo de conhecimento desta natureza contribui:

1. na comunicação e no trabalho colaborativo de engenheiros do conhecimento e de gestores do conhecimento na consolidação de aplicações voltadas à GC; e
2. na formalização de uma fonte de publicação e referência de aplicações voltadas à GC, servindo ao aprendizado, compartilhamento e aplicação de conhecimento específico e interdisciplinar.

Para tanto, além dessa seção introdutória, este artigo compreende: i) uma fundamentação teórica, onde são abordados a convergência tecnológica da EC e da GC, os Instrumentos da GC, os Agentes Computacionais da EC e as ontologias; ii) os procedimentos metodológicos adotados; iii) os resultados, mediante a apresentação dos trabalhos correlatos; iv) a discussão do trabalho, ressaltando a prospecção de um modelo de conhecimento e seus requisitos; e iv) as conclusões e os trabalhos futuros.

2 Fundamentação teórica

A EC e a GC são áreas interdisciplinares e complementares, cuja convergência tem se acentuado nos últimos anos, principalmente no que se refere ao entendimento e à importância do conhecimento no contexto de uma organização (SCHREIBER *et al.*, 2002).

No domínio da GC, Gottschalk (2007) aponta que o conhecimento é definido como informação combinada com experiência, contexto, interpretação, reflexão, intuição e criatividade. Por isso, para uma organização o conhecimento é um recurso necessário e útil na busca de vantagem competitiva. Para o autor, o conhecimento é originado de um processo cognitivo, sendo que ele também pode ser representado e incorporado em processos e rotinas organizacionais, redes sociais e repositórios de documentos. Ressalta-se que representar conhecimento é uma das atividades da EC, domínio no qual o conhecimento é definido como o conjunto de dados e informações que os indivíduos se valem para agir, a fim de realizar alguma tarefa e/ou criar novas informações (SCHREIBER *et al.*, 2002).

Do ponto de vista tecnológico, representa-se o conhecimento para que este seja disponibilizado em uma organização através de seus sistemas computacionais. Entretanto, para que o sucesso seja alcançado neste tipo de empreendimento, Tsui (2005) aponta que é necessário balancear quatro dimensões: i) pessoas; ii) processos; iii) conteúdo; e iv) tecnologia.

O presente trabalho lida especificamente com o conhecimento na dimensão tecnológica. Neste prisma, Tsui (2005) e Plessis (2005) salientam que a tecnologia surge como um catalisador, promovendo a colaboração em ambientes de GC. Para Spiegler (2003), a tecnologia representa o meio e o conhecimento representa o fim de um processo de transformação. Assim, a tecnologia tem a finalidade de capturar, armazenar e distribuir conteúdo para ser utilizado por indivíduos, tornando o conhecimento existente nas "cabeças das pessoas" e, parcialmente em documentos, amplamente disponível em uma organização (GOTTSCHALK, 2007; AURUM *et al.*, 2008).

No contexto da utilização da tecnologia na GC, essa pode ser classificada em Tecnologias de Computação (microeletrônica, biotecnologia, nanotecnologia, etc.), Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC) (banco de dados, segurança e redes de computadores, criptografia, etc.) e Tecnologias de apoio à GC (ferramentas de colaboração, mineração de dados, inteligência artificial, etc.) (WALTZ, 2003). Resumidamente, a camada de Tecnologias de Computação é a camada física (materiais), a camada de TIC integra o físico ao abstrato (dispositivos e informação). Já a camada de Tecnologias de apoio à GC foca quase que inteiramente em abstrações (conhecimento), integrando e aplicando conceitos das ciências cognitivas e organizacionais em soluções que compreendam a interação entre sistemas computacionais e pessoas. Propriamente, esta camada propicia à criação e à aplicação do

conhecimento, sendo também a camada de interesse do presente trabalho, por se valer dos Agentes Computacionais da EC.

Outra forma de classificar a tecnologia é tomar uma linha de tempo de sua evolução (FIG. 2), caracterizando quatro estágios incrementais de aplicação de tecnologias na GC (GOTTSCHALK, 2007). Estes estágios são úteis para identificar a situação corrente e também para planejar, organizacionalmente, as futuras aplicações tecnológicas para a GC. Cada estágio é descrito a seguir:

1. Estágio 1: identificado como "ferramentas para usuários finais" ou "tecnologia para pessoas". Compreende o estágio onde as TIC fornecem aos trabalhadores do conhecimento ferramentas que podem melhorar a sua eficiência pessoal. Neste estágio a tecnologia restringe-se às atividades de distribuição de conhecimento. Processador de texto, editoração eletrônica, editoração para *web* e agenda eletrônicas estão entre os exemplos de aplicações de TIC, neste estágio.
2. Estágio 2: identificado como "quem sabe o que" ou "pessoas para pessoas". Abrange o estágio onde os trabalhadores do conhecimento usam TIC para encontrar outros trabalhadores do conhecimento, visando atividades de compartilhamento do conhecimento. *Groupware*, *intranets* e *emails* são exemplos de ferramentas deste estágio.
3. Estágio 3: identificado como "o que eles sabem" ou "pessoas para documentos". Compreende o estágio onde as TIC provêm aos trabalhadores do conhecimento o acesso às informações que são tipicamente armazenadas em documentos, promovendo atividades de captura do conhecimento. Exemplos de documentos são contratos e acordos, relatórios, manuais, guias, memorandos, artigos, *emails*, arquivos de áudio e arquivos de vídeo; os quais são disponibilizados em tecnologias como banco de dados e *data warehouse*.
4. Estágio 4: denominado de "como eles pensam" ou "pessoas para sistemas". Representa o estágio onde sistemas são projetados para ajudar na resolução de problemas empregando conhecimento, ou seja, as atividades de aplicação do conhecimento. Neste estágio são empregados os Sistemas Especialistas, as Redes Neurais Artificiais e os Agentes Inteligentes (como Agentes da EC, por exemplo).

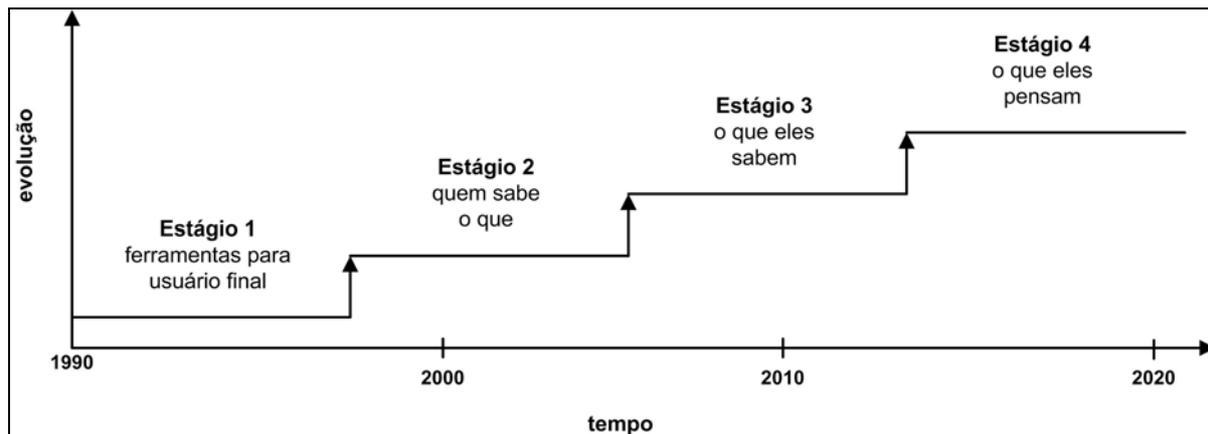


FIGURA 2 - Estágios de aplicação de tecnologias na GC

Fonte: Adaptado de GOTTSCHALK, 2007.

Segundo a classificação de Gottschalk (2007), pode-se caracterizar as tecnologias consideradas neste trabalho pertencentes ao estágio “como eles pensam”, reservadas às atividades de “aplicação do conhecimento”.

Como argumentado inicialmente, o sucesso da GC é alcançado pela integração de pessoas, processos, tecnologia e conteúdo. Essa integração pode ocorrer por meio da integração de Instrumentos da GC e de Agentes Computacionais da EC. As próximas subseções são reservadas a definição destes construtos.

2.1 Instrumentos da GC

Um Instrumento de GC é definido como parte de uma intervenção na base de conhecimento organizacional suportada tecnologicamente e consiste de um conjunto alinhado e claramente definido de medidas organizacionais, de indivíduos e de Tecnologias da Informação e Comunicação. Segundo Maier (2007), tais instrumentos são desenvolvidos em função de algum objetivo, tendo como características o tratamento de informação contextualizada como o objeto da intervenção e a independência do domínio de conhecimento.

Na visão de Meroño-Cerdan *et al.* (2007), um Instrumento de GC auxilia no reforço dos benefícios de todos (ou de parte dos) os processos de GC, com ou sem suporte tecnológico. Neste contexto, um instrumento pode ser classificado como instrumento de base tecnológica (tecnologias de suporte à decisão e de *groupware*), ou instrumento de base não-tecnológica (comunidades de prática e *mentoring*, por exemplo). Melhores Práticas, Comunidades de Prática, Gestão de Conteúdo, Mapas de Conhecimento, Lições Aprendidas, *E-learning*, Narrativas, Tutoria, entre outros, são alguns dos exemplos de Instrumentos da GC a serem avaliados em relação a um objetivo traçado no tratamento do conhecimento organizacional (KEYES, 2006; MAIER, 2007).

No entendimento deste trabalho, quando um Instrumento de GC utiliza TIC, este apoia os Sistemas de Gestão de Conhecimento (MAIER, 2007). Por sua vez, quando um Sistema de Gestão do Conhecimento

acessa e manipula alguma representação do conhecimento, tal sistema pode se valer de tecnologias da Inteligência Artificial (WIIG, 2004; NISSEN, 2006; MAIER, 2007). Neste artigo as tecnologias de Inteligência Artificial são entendidas como Agentes Computacionais da EC.

2.2 Agentes Computacionais da EC

Segundo Schreiber *et al.* (2002), Agentes da EC são entendidos como indivíduos ou *softwares* capazes de executar uma tarefa intensiva em conhecimento em um domínio específico. Esta seção se restringe aos *softwares*, denominando-os Agentes Computacionais da EC.

Salienta-se que tais agentes são projetados em função de alguma tarefa de resolução de problemas via combinação de métodos e técnicas de Inteligência Artificial e bases de conhecimento específicas (HUANG, 2009). Essa característica enfatiza a importância dos Agentes Computacionais da Engenharia do Conhecimento perante a Gestão do Conhecimento na execução e/ou auxílio em tarefas intensivas em conhecimento. Essas capacidades são consideradas relevantes para a GC, especificamente no auxílio na execução de tarefas intensivas em conhecimento (WIIG, 2004).

Sistemas Especialistas, Raciocínio Baseado em Casos, Agentes Inteligentes, Redes Neurais Artificiais, Algoritmos Genéticos, Sistemas Imunológicos Artificiais, Descoberta de Conhecimento em Base de Dados e Descoberta de Conhecimento em Texto são exemplos de Agentes Computacionais da EC que podem ser empregados nos Instrumentos da GC.

Representante de uma visão tecnológica da GC, Waltz (2003) sugere que o futuro da GC depende da integração de computadores inteligentes às atividades dos trabalhadores do conhecimento. Para o autor, as tecnologias futuras devem suportar a compreensão profunda de conteúdo (uso de ontologias) e suporte inteligente a usuários (emprego de Agentes Computacionais da EC em tarefas analíticas). Neste sentido, complementarmente, a próxima subseção é reservada à discussão do que são ontologias.

2.3 Ontologias e seu uso na GC e na EC

Os estudos sobre ontologias originaram-se na Filosofia e, mais recentemente, foram estendidos à representação de conhecimento na Ciência da Computação (KIRYAKOV, 2006). Na Ciência da Computação, Gruber (1993, p. 199) define uma ontologia como "uma especificação explícita de uma conceitualização". Borst (1997, p. 12) estendeu esta definição, atribuindo a perspectiva de colaboração, redefinindo uma ontologia como "uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada". Esta última definição se tornou aceita em diversos estudos e também norteia este trabalho.

Para Devedzic (2002), cada ontologia é um sistema de conceitos e suas relações, no qual todos os conceitos são definidos e interpretados de

modo declarativo. O sistema define o vocabulário de um domínio e as restrições de como os termos do vocabulário são combinados, de forma a modelar o domínio. No entendimento de Hepp *et al.* (2007), ontologias são mais do que a representação formal de um domínio. Elas se constituem em contratos (entendimento compartilhado) sobre tal representação, uma vez que uma ontologia é construída a partir de um processo social entre participantes (especialistas de domínio e engenheiros do conhecimento). Ou seja, durante o processo de construção de ontologias, os participantes geralmente modificam ou descartam elementos da ontologia ou até incluem novos, evidenciando o dinamismo no desenvolvimento da ontologia. Considerando-se essas características, as ontologias permitem que o conhecimento seja explicitado socialmente (DACONTA *et al.*, 2003). No contexto da GC, as características do desenvolvimento de uma ontologia estão alinhadas com o compartilhamento do conhecimento, um dos processos basilares da GC.

Já na EC, as ontologias incluem definições computáveis de conceitos básicos de um domínio e o relacionamento entre eles (DACONTA *et al.*, 2003). Em outras palavras, as ontologias permitem que o conhecimento seja explicitado, formalizando uma visão relevante do mundo (modelo do domínio) e tornando este modelo passível de processamento e interpretação por parte dos computadores (BLOEHDORN *et al.*, 2006).

Desta forma, tomando o contexto da EC, as ontologias são utilizadas como meio para comunicação de conhecimento, integração de conhecimento e inferência com conhecimento (MIKA; AKERMANS, 2005). Já no contexto da GC, ontologias auxiliam na comunicação e no trabalho colaborativo de diferentes pessoas, com diferentes perspectivas de um domínio, quando um "esqueleto unificado do conhecimento" é representado (GSEVIC *et al.*, 2006). Ainda segundo Gsevic *et al.* (2006), ontologias são uma boa fonte de aprendizado, publicação e referência. Presumidamente, como elas sempre são o resultado de um grande consenso sobre a estrutura de um domínio, elas podem prover informações corretas e objetivas àqueles que querem aprender mais sobre o domínio. Simultaneamente, especialistas do domínio podem usar ontologias para compartilhar seu entendimento da conceitualização e estrutura do domínio em questão.

Uma vez apresentados os construtos do presente trabalho e considerando o objetivo de traçar o estado da arte da aplicação de ontologias no domínio da convergência tecnológica dos Agentes da EC para com os Instrumentos da GC, a próxima seção aborda a metodologia da pesquisa adotada em relação ao objetivo proposto.

3 Procedimentos metodológicos

Utilizou-se o procedimento técnico da pesquisa bibliográfica como esquema analítico para identificar e analisar os artigos científicos existentes sobre ontologias de domínio no âmbito da GC e da EC.

Quanto à coleta de dados, o referencial bibliográfico utilizado foi derivado de revistas integrantes do portal de periódicos CAPES que evidenciam a palavra conhecimento (em inglês, *knowledge*) em seus títulos, das quais abordam propriamente as áreas da EC e/ou GC. Desta maneira, foram pesquisadas as revistas *Data and Knowledge Engineering*, *Expert Systems: The Journal of Knowledge Engineering*, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, *Journal of Knowledge Management*, *Knowledge Management Research & Practice*, *Journal of Strategic Information Systems*, *Knowledge and Information Systems*, *Knowledge and Process Management*, *Knowledge Based Systems*, *Knowledge Engineering Review*, *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*.

O período considerado para a pesquisa compreendeu os artigos publicados a partir de 1995 até 2008, visto que, por essa época, os estudos sobre GC e ontologias começaram a ser difundidos com maior ênfase. Pressupondo que ontologias podem representar modelos de conhecimento de um domínio, as questões que nortearam a pesquisa foram:

1. Que artigos exemplificam ontologias, cujo domínio é a GC?
2. Que artigos exemplificam ontologias, cujo domínio é a EC?
3. Que artigos exemplificam ontologias utilizadas nos mapeamentos de GC e da EC, e como estes mapeamentos se dão?

Já na fase da análise de dados, os resultados foram obtidos de forma qualitativa e descritiva, uma vez que a meta do estudo é obter uma revisão conceitual compreensiva.

4 Resultados

Como resultado dos procedimentos metodológicos descritos, foram selecionados 13 artigos considerados exemplos válidos das questões norteadoras. O Quadro 1 relaciona esses trabalhos, que exemplificam a aplicação de ontologias no âmbito da GC e/ou EC.

QUADRO 1 Artigos tidos como exemplos de aplicação de ontologias na EC e/ou na GC

Referência	Sinopse da aplicação de ontologias
Abou-Zeid (2002)	Desenvolvimento de uma ontologia no domínio da transferência de conhecimento interorganizacional, facilitando a comunicação das pessoas com diferentes necessidades e visões em determinado contexto.
Holsapple e Joshi (2004)	Desenvolvimento de uma ontologia no domínio da GC. Composta de aproximadamente 100 definições e axiomas, a ontologia define as atividades de manipulação

	de conhecimento e as entidades que operam com recursos de conhecimento.
Casanovas <i>et al.</i> (2005)	Desenvolvimento de um sistema para GC apoiado por ontologias no domínio jurídico espanhol.
Haase <i>et al.</i> (2005)	Utilização de uma ontologia no domínio de bibliotecas digitais para melhorar a pesquisa de informações, no que tange a refletir às mudanças de interesses de pesquisa dos usuários e mudanças nos documentos armazenados na biblioteca.
Hsu <i>et al.</i> (2006) e Chi <i>et al.</i> (2006)	Utilização de uma ontologia no domínio de conteúdos digitais em um Sistema Integrado de Gestão de Conteúdos em Bases de Conhecimento para Museus. A ontologia serve para mapear a criação de novos conteúdos digitais nas bases de conhecimento e prover conteúdo adaptado em decorrência do tipo de consulta promovida pelos usuários nas bases de conhecimento.
Deng e Yu (2006)	Desenvolvimento de uma ontologia no domínio do desenvolvimento de produto, hierarquizando o conhecimento em seis temas: produto, processo de produto, processo de elemento, método, ferramentas e aplicação em domínio específico.
Garzás e Piattini (2007)	Desenvolvimento de uma ontologia no domínio de projeto orientado a objetos, usada para melhorar a comunicação entre engenheiros de <i>software</i> , considerando princípios, heurísticas, lições aprendidas, refatoração, entre outros elementos.
Saito <i>et al.</i> (2007)	Desenvolvimento de uma ontologia para descrever as relações entre tecnologia, gestão do conhecimento e estratégia.
Macris <i>et al.</i> (2008) Ley <i>et al.</i> (2008) Draganidis <i>et al.</i> (2008)	Desenvolvimento de ontologia para serem empregadas no domínio da gestão por competências.
Gaeta <i>et al.</i> (2009)	Utilização de ontologias no domínio de personificação em

	aplicações de <i>e-Learning</i> , mapeando objetos de aprendizado em lições de acordo com os perfis de usuários.
--	--

Fonte: Dados da pesquisa.

Dos trabalhos relacionados, os artigos de Holsapple e Joshi (2004) e Saito *et al.* (2007) são considerados exemplos correlatos a um "Modelo de Conhecimento para Mapeamento de Instrumentos da Gestão do Conhecimento e de Agentes Computacionais da Engenharia do Conhecimento baseado em Ontologias". Por isso, tais trabalhos são apresentados a seguir.

4.1 Holsapple e Joshi

A ontologia proposta por Holsapple e Joshi (2004) descreve um conjunto de conceitos e axiomas fundamentais da GC. Esta foi construída colaborativamente por 30 profissionais e pesquisadores do domínio em questão. Como resultado do trabalho, obteve-se uma representação explícita, no que tange aos artefatos e processos no domínio da GC. Em termos semânticos, a ontologia é dividida em quatro sub-ontologias, com seus respectivos conceitos:

sub-ontologia Conduta da Gestão do Conhecimento: Conhecimento, Gestão do Conhecimento, Gestão do Conhecimento Individual, Gestão do Conhecimento Organizacional, Gestão do Conhecimento Inter-organizacional, Gestão do Conhecimento Nacional, Recurso, Recurso de Conhecimento, Processador, Processador de Conhecimento, Manipulação do Conhecimento, Atividade de Manipulação do Conhecimento, Influência, Influência de Gestão do Conhecimento, Episódio, Episódio de Gestão do Conhecimento, Aprendizagem, Projeção e Conduta.

sub-ontologia Atividades de Manipulação do Conhecimento: Fluxo de Conhecimento, Mensagem Subsidiária, Aquisição do Conhecimento, Seleção do Conhecimento, Assimilação do Conhecimento, Geração do Conhecimento, Emissão do Conhecimento, Utilização do Conhecimento,

sub-ontologia Recursos de Conhecimento: Recurso de Conhecimento Esquemático, Conteúdo de Recurso de Conhecimento, Cultura, Infraestrutura, Estratégia, Propósito, Artefato de Conhecimento, Participante do Conhecimento, Participante Principal, Participante Subsidiário e Recurso de Conhecimento Ambiental.

sub-ontologia Influências de Gestão do Conhecimento: Influência Administrativa, Influência de Recurso, Influência Ambiental, Conhecimento de Liderança, Conhecimento de Coordenação, Conhecimento de Controle, Conhecimento de Mensuração, Recursos Financeiros, Recursos Humanos e Recursos Materiais.

4.2 Saito *et al.*

Saito *et al.* (2007) propuseram uma ontologia no domínio da GC, classificando os Instrumentos da GC, conforme percebido na FIG. 3.

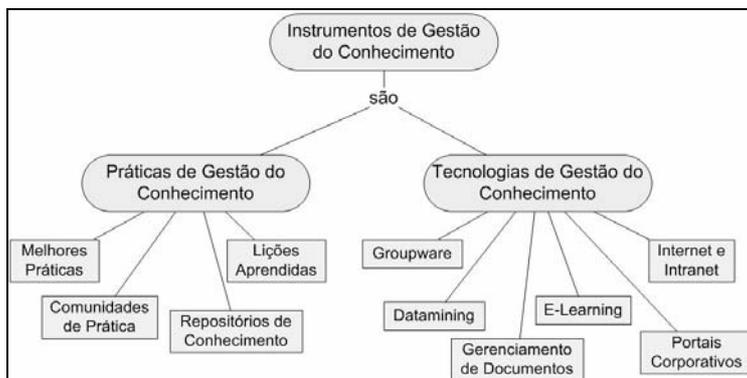


FIGURA 3 - Sub-ontologia Instrumentos da GC

Fonte: adaptado de SAITO *et al.*, 2007.

Ao analisar a figura, percebe-se que Instrumentos da GC são considerados tanto Práticas de GC (Melhores Práticas, Lições Aprendidas, Comunidades de Prática, Treinamento, etc.), quanto Tecnologias de GC (*internet/intranet, groupware, e-learning, datamining, etc.*).

5 Discussão

Considerando o desenvolvimento de um “Modelo de Conhecimento para Mapeamento de Instrumentos da Gestão do Conhecimento e de Agentes Computacionais da Engenharia do Conhecimento baseado em Ontologias”, a seguir apresenta-se uma visão complementar às apresentadas nos trabalhos de Holsapple e Joshi (2004) e Saito *et al.* (2007).

Sob a perspectiva da pesquisa deste artigo, observa-se que a ontologia proposta por Holsapple e Joshi (2004) somente formaliza e organiza um vocabulário comum e um guia de referência à prática da GC, não evidenciando explicitamente o relacionamento entre os construtos: Instrumentos da GC e Agentes Computacionais da EC. Estabelecer o relacionamento entre estes construtos no modelo proposto pode auxiliar a comunicação e o trabalho colaborativo de engenheiros do conhecimento e gestores do conhecimento na concepção de aplicações voltadas à GC.

Já em relação à ontologia proposta por Saito *et al.* (2007), há uma diferença na definição de Instrumentos da GC. Neste artigo, a perspectiva do que são Instrumentos da GC e de seu relacionamento com tecnologia estão alinhados ao posicionamento de Maier (2007) e Schreiber *et al.* (2002), conforme representado na Figura 4.

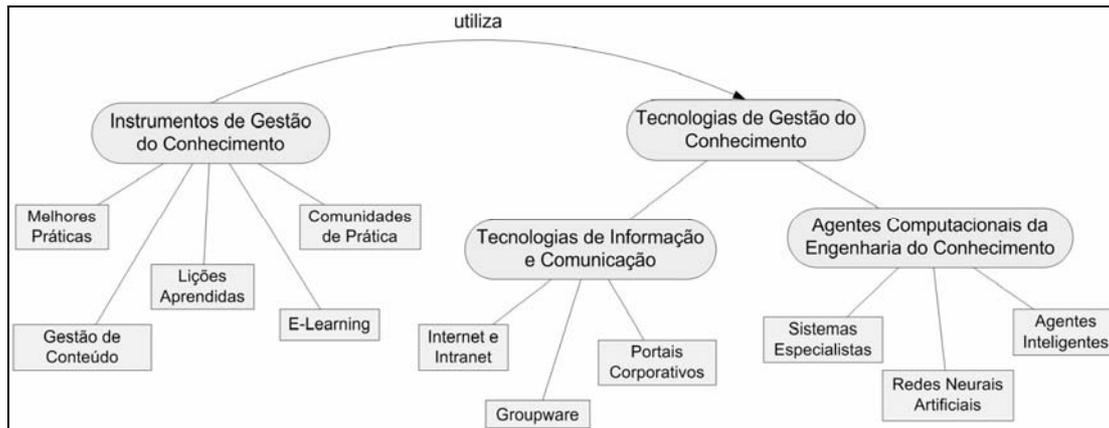


FIGURA 4 - Contribuição da proposta de modelo ao trabalho de Saito *et al.* (2007)

Fonte: SAITO *et al.* (2007).

Ou seja, a partir do trabalho de Saito *et al.* (2007), o modelo aqui proposto de mapeamento de Instrumentos da GC e Agentes Computacionais da EC refina o conhecimento representado, particularizando algumas Tecnologias de GC ao nível de Agentes Computacionais da EC e diferenciando-as de outras TIC. Semanticamente, outra contribuição do modelo de conhecimento aqui proposto, perante o trabalho de Saito *et al.* (2007), refere-se à distinção do que são Instrumentos da GC e o que são Tecnologias de GC. Para Saito *et al.* (2007), os Instrumentos da GC são práticas ou tecnologias, enquanto que o entendimento que baliza este artigo é o de que os Instrumentos da GC utilizam tecnologias.

Ressalta-se que a ontologia de Saito *et al.* (2007) não teve o propósito de se configurar em um guia de referência ao desenvolvimento de Agentes Computacionais da EC e que não há um trabalho de continuidade. Tais fatos são relatados pelo autor principal (SAITO, 2008).

Analisando-se as limitações evidenciadas nos trabalhos de Holsapple e Joshi (2004) e Saito *et al.* (2007), cabe propor uma ontologia de domínio como modelo de conhecimento de Agentes Computacionais da EC e de Instrumentos da GC, considerando-se os seguintes requisitos:

1. O levantamento de questões comumente utilizadas por pesquisadores e por profissionais da GC e da EC que primam pelo entendimento recíproco dos fenômenos dos domínios;
2. O refinamento ou a explicitação de um (ou parte de um) modelo de conhecimento no domínio da EC a ser utilizado no desenvolvimento de Agentes Computacionais da Engenharia do Conhecimento;
3. O refinamento ou a explicitação de um (ou parte de um) modelo de conhecimento no domínio da GC a ser utilizado na implantação dos Instrumentos da Gestão do Conhecimento;

4. Uma forma de integração do conhecimento inerente ao desenvolvimento de Agentes Computacionais da Engenharia do Conhecimento como soluções tecnológicas mais aderentes aos Instrumentos da Gestão do Conhecimento;
5. Um conjunto de insumos à prospecção de um ambiente aberto para publicação, compartilhamento e exploração do conhecimento interdisciplinar.

De forma inicial, atentando aos requisitos levantados, a Figura 5 representa o modelo a ser desenvolvido. Nas extremidades da figura são agrupados e exemplificados os Agentes Computacionais da EC e os Instrumentos da GC. Ao centro são evidenciados alguns exemplos de questões pontuais que norteiam o mapeamento no modelo proposto.



FIGURA 5 - Representação geral do modelo proposto

Fonte: Dados da pesquisa.

Considera-se que o modelo, assim delineado, terá condições de auxiliar na resposta a questões gerais como, por exemplo:

1. Que tecnologias e técnicas podem ser empregadas na GC (METAXIOTIS *et al.*, 2003)?
2. O que deve ser feito para que os Sistemas de Conhecimento tomem o seu lugar como ferramentas para GC (LIAO, 2003)?
3. Como combinar infraestrutura tecnológica e organizacional, no contexto de organizações baseadas no conhecimento (HOLSAPPLE, 2005)?
4. Que estratégias de GC adotar e que tipo de ferramentas tecnológicas implantar (CHUA, 2003)?

5. Como definir a perspectiva adequada que se reflita na amplitude do conceito de GC e nas especificidades dos Agentes da EC (HENDRICKS, 1999)?

Com isso, a leitura adicional que se pode fazer para com o modelo proposto é a de que ele serve aos propósitos da comunicação e do trabalho colaborativo entre engenheiros do conhecimento e gestores do conhecimento na consolidação de aplicações voltadas à GC. O modelo também contribui para a formalização de uma fonte de publicação e referência de aplicações voltadas à GC valendo-se do ciclo virtuoso do conhecimento (NISSEN, 2006): criação de conhecimento novo, organização e formalização de conhecimento já estabelecido, compartilhamento de conhecimento para utilização por indivíduos, aplicação prática do conhecimento representado e refinamento do conhecimento aplicado.

6 Conclusão

Neste artigo apresentou-se o estado da arte na utilização de ontologias no domínio da convergência tecnológica da utilização de Agentes Computacionais da EC nos Instrumentos da GC. Tal domínio é caracterizado pela interdisciplinaridade e complementaridade, cuja comunicação entre engenheiros e gestores do conhecimento é dificultada pela polissemia dos conceitos inerentes.

Na literatura, foram encontrados dois trabalhos correlatos ao domínio estudado, sendo eles o trabalho de Holsapple e Joshi (2004) e o de Saito *et al.* (2007). Contudo, nestes trabalhos não é percebida uma ontologia que contemple explicitamente o relacionamento entre Instrumentos da GC e Agentes Computacionais da EC. A explicitação deste conhecimento se torna útil como subsídio no desenvolvimento de soluções aderentes aos processos de GC.

Diante disso, conclui-se que o desenvolvimento de um modelo de conhecimento com essa finalidade corrobora a convergência tecnológica entre a EC e a GC, servindo a comunicação e ao trabalho colaborativo de engenheiros e gestores do conhecimento e também como um guia de referência para o desenvolvimento de aplicações de GC. Neste sentido, o modelo se torna aderente às atividades de formalização, organização, compartilhamento, aplicação, criação e refinamento do conhecimento específico da utilização de Agentes Computacionais da EC nos Instrumentos da GC.

Dito isso, como trabalho futuro e com o auxílio de especialistas de domínio (engenheiros do conhecimento e gestores do conhecimento), pretende-se desenvolver um "Modelo de Conhecimento para Mapeamento de Instrumentos da Gestão do Conhecimento e Agentes da Engenharia do Conhecimento baseado em Ontologias", empregando os formalismos de metodologias da Engenharia de Ontologias. Por isso, também cabe, como

trabalho futuro, o estudo de metodologias e ferramentas para o desenvolvimento prático do modelo proposto.

Referências

ABOU-ZEID, E. An ontology-based approach to inter-organizational knowledge transfer. *Journal of Global Information Technology Management*, v. 5, n. 3, p. 32-47, 2002.

AURUM, A. *et al.* Investigating knowledge management practices in software development organisations: an Australian experience. *Information and Software Technology*, v. 50, n. 6, p. 511-533, 2008.

BLOEHDORN, S. *et al.* Ontology evolution. In: DAVIES, J.; STUDER, R.; WARREN, P. (Eds). *Semantic web technologies: trends and research in ontology-based systems*. Chichester: John & Wiley, 2006. p. 51-70.

BORST, W. N. *Construction of engineering ontologies*. Tese. University of Twente – Centre for Telematica and Information Technology, Enschede, Nederland, 1997.

BRAZHNIK, O. Databases and the geometry of knowledge. *Data & Knowledge Engineering*, v. 61, n. 2, p. 207-227, 2007.

CASANOVAS, P. *et al.* Supporting newly-appointed judges: a legal knowledge management case study. *Journal of Knowledge Management*, v. 9, n. 5, p. 7-27, 2005.

CHI, Y. *et al.* Ontological techniques for reuse and sharing knowledge in digital museums. *The Electronic Library*, v. 24, n. 2, p. 147-159, 2006.

CHUA, A. A framework for knowledge management implementation. *Journal of Information & Knowledge Management*, v. 2, n. 1, p. 79-86, 2003.

_____. Implementing knowledge management system architecture: a bridge between KM consultants and technologists. *International Journal of Information Management*, v. 24, n. 1, p. 87-98, 2004.

DACONTA, M. C. *et al.* *The semantic web: a guide to the future of xml, web services, and knowledge management*. Indianapolis: Wiley Publishing, 2003.

DENG, Q.; YU, D. Mapping knowledge in product development through process modelling. *Journal of Information & Knowledge Management*, v. 5, n. 3, p. 233-242, 2006.

DEVEDZIC, V. Understanding ontological engineering. *Communications of the ACM*, v. 45, n. 4, p. 136-144, 2002.

DRAGANIDIS, F. *et al.* A semantic web architecture for integrating competence management and learning paths. *Journal of Knowledge Management*, v. 12, n. 6, p. 121-136, 2008.

FIRESTONE, J. M. On doing knowledge management. *Knowledge Management Research & Practice*, v. 6, n. 1, p. 13-22, 2008.

GAETA, M. *et al.* advanced ontology management system for personalised e-learning. *Knowledge-Based Systems*, article in Press, corrected proof, 2009.

GARZÁS, J.; PIATTINI, M. An ontology for understanding and applying object-oriented design knowledge. *International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering*, v. 17, n. 3, p. 407-421, 2007.

GOTTSCHALK, P. *Knowledge management systems: value shop creation*. London: Idea Group Inc., 2007.

GRUBER, T. A translation approach to portable ontology specification. *Knowledge Acquisition*, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.

GSEVIC, D. *et al.* Model driven architecture and ontology development. Heidelberg: Springer-Verlag, 2006.

HAASE, P. *et al.* Management of dynamic knowledge. *Journal of Knowledge Management*, v. 9, n. 5, p. 97-107, 2005.

HENDRICKS, P. H. J. Do smarter systems make for smarter organizations? *Decision Support Systems*, v. 27, n. 1-2, p. 197-211, 1999.

HEPP, M. *et al.* Harvesting wiki consensus using wikipedia entries as vocabulary for knowledge management. *Internet Computing*, v. 11, n. 5, p. 54-65, 2007.

HOLSAPPLE, C. W. The inseparability of modern knowledge management and computer-based technology. *Journal of Knowledge Management*, v. 9, n. 1, p. 42-52, 2005.

HOLSAPPLE, C. W; JOSHI, K. D. A formal knowledge management ontology: conduct, activities, resources, and influences. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 55, n. 7, p. 593-612, 2004.

HSU, T. *et al.* Unified knowledge-based content management for digital archives in museums. *The Electronic Library*, v. 24, n. 1, p. 38-50, 2006.

HUANG, H-C. Designing a knowledge-based system for strategic planning: a balanced scorecard prespective. *Expert Systems with Applications*, v. 36, n. 1, p. 209-218, 2009.

ISKE, P.; BOERSMA, W. Connected brains: Question and answer systems for knowledge sharing: concepts, implementation and return on investment. *Journal of Knowledge Management*, v. 9, n. 1, p. 126-145, 2005.

JURISICA, I. *et al.* Ontologies for Knowledge Management: an information system perspective. *Knowledge and Information Systems*, v. 6, n. 4, p. 380-401, 2004.

KEYES, J. *Knowledge management, business intelligence, and content management: the it practitioner's guide*. Boca Raton: Auerbach Publications, 2006.

KIRYAKOV, A. Ontologies for knowledge management. In: DAVIES, J. *et al.* (Eds). *Semantic Web Technologies: trends and research in ontology-based systems*. Chichester: John & Wiley, 2006. p. 115-138.

LACASTA, J. *et al.* A web ontology Service to facilitate interoperability within a Spatial Data Infrastructure: Applicability do discovery. *Data & Knowledge Engineering*, v. 63, n. 3, p. 947-971, 2007.

LEY, T. *et al.* Modeling competencies for supporting work-integrated learning in knowledge work. *Journal of Knowledge Management*, v. 12, n. 6, p. 31-47, 2008.

LIAO, S. Knowledge management technologies and applications: literature review from 1995 to 2002. *Expert Systems with Applications*, v. 25, n. 2, p. 155-164, 2003.

LIEBOWITZ, J. Knowledge management and its link to artificial intelligence. *Expert Systems with Applications*, v. 20, n. 1, p. 1-6, 2001.

MACRIS, A. *et al.* An ontology-based competency model for workflow activity assignment policies. *Journal of Knowledge Management*, v. 12, n. 6, p. 72-88, 2008.

MAIER, R. Knowledge management systems information and communication technologies for knowledge management. 3º ed. Berlin: Springer, 2007.

MEROÑO-CERDAN, A. L. *et al.* Knowledge management strategy diagnosis from KM instruments use. *Journal of Knowledge Management*, v. 11, n. 2, p. 60-72, 2007

METAXIOTIS, K. *et al.* Decision support through knowledge management: the role of the artificial intelligence. *Information Management & Computer Security*, v. 11, n. 5, p. 216-221, 2003.

MIKA, P.; AKKERMANS, H. Towards a new synthesis of ontology technology and knowledge management. *The Knowledge Engineering Review*, v. 19, n. 4, p. 317-345, 2005.

NISSEN, M. E. *Harnessing knowledge dynamics*. London: Idea Group Inc., 2006.

O'LEARY, D. E. Using ai in knowledge management: knowledge bases and ontologies. *Intelligent Systems and Their Applications*, v. 13, n. 3, p. 34-39, 1998.

PLESSIS, M. Drivers of knowledge management in the corporate environment. *International Journal of Information Management*, v. 25, n. 3, p. 193-202, 2005.

REMUS, U.; SCHUB, S. A blueprint for the implementation of process-oriented knowledge management. *Knowledge and Process Management*, v. 10, n. 4, p. 237-253, 2003.

SAITO, A. et al. strategy-based ontology of knowledge management technology. *Journal of Knowledge Management*, v. 11, n. 1, p. 97-114, 2007.

SAITO, A. Trabalho gestão do conhecimento X ontologias. [Mensagem Pessoal]. Mensagem recebida por <srautenberg@egc.ufsc.br> em 12 nov. 2008.

SCHREIBER, G et al. Knowledge engineering and management: the commonKADS methodology. Massachusetts: MIT Press, 2002.

SHADBOLT, N.; MILTON, N. From knowledge engineering to knowledge management. *British Journal of Management*, v. 10, n. 4, p. 309-322, 1999.

SPIEGLER, I. Technology and knowledge: bridging a "generating" gap. *Information & Management*, v. 40, n. 6, p. 533-539, 2003.

STUDER, R. et al. Situation and Perspective of Knowledge Engineering In: Cuenca, J; et al. (eds). Knowledge engineering and agent technology: IOS series on frontiers in artificial intelligence and applications. Amsterdam: IOS Press, 2000.

TSUI, E. The role of IT in KM: where are we now and where are we heading? *Journal of Knowledge Management*, v. 9, n. 1, p. 3-6, 2005.

WALTZ, E. Knowledge management in the intelligence enterprise. Norwood: Artech House, 2003.

WIIG, K. M. People-focused knowledge management: how effective decision making leads to corporate success. New York: Elsevier, 2004.