

Metodologia para sistema baseado em conhecimento de Livro Autopoiético

Bobiquins Estêvão de Mello¹, Francisco Antonio Pereira Fialho²

Juarez Angelo Piazza Sacenti³

ABSTRACT

We write in a personal way – first-person plural – in order to follow the paradigm of complexity. The present research intends to find an appropriate methodology to develop the Knowledge Based System for Autopoietic Books (KBSAB) – a Knowledge Engineering System that provides linguistics interaction between a human being and a book. The research indicates a good solution with a combination of several methodologies, tools and languages, because the complexity of the proposal. Our choice was Systemic Methodology for Ontology Learning (SMOL). The methodology uses the most appropriate techniques across the levels of ontology learning process.

Keywords: Autopoietic book; methodology; knowledge engineering; ontology engineering; autopoiesis.

RESUMO

Nós escrevemos este artigo em modo pessoal – primeira pessoa do plural – seguindo o paradigma da complexidade. A pesquisa que ora reportamos busca selecionar uma metodologia para o desenvolvimento do que denominamos Sistema Baseado em Conhecimento de Livro Autopoiético (SBCLA), um sistema de Engenharia do Conhecimento que tem como finalidade a interação linguística de um leitor humano com um livro. A pesquisa realizada constatou que o caminho mais indicado é a combinação de diversas metodologias, ferramentas e linguagens, haja vista a complexidade do sistema proposto. Nossa escolha recaiu sobre a *Systemic Methodology for Ontology Learning* (SMOL), uma metodologia desenvolvida justamente na concepção de agregar os melhores métodos para cada situação no tratamento do conhecimento.

Palavras-chave: Livro autopoiético; metodologia; engenharia do conhecimento; engenharia de ontologias; autopoiese.

¹ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC – Brasil. E-mail: estevaomello@gmail.com

² Professor titular no Departamento de Engenharia do Conhecimento (dEGC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC – Brasil. E-mail: fapfialho@gmail.com

³ Doutorando no Programa de Pós-Graduação em Ciências da Computação (PPGCC), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, SC – Brasil. E-mail: juarez.sacenti@posgrad.ufsc.br

1 INTRODUÇÃO

Os sete princípios da complexidade são diretivas complementares e interdependentes formuladas por Edgar Morin (2014, pp. 93-97), os quais, em seu derradeiro postulado, propõe a “reintrodução do sujeito do conhecimento em todo conhecimento, não sendo mais necessário que o sujeito do conhecimento se esconda” (Morin & Andrade, 2015, pos. 2111) por detrás de uma forma de linguagem impessoal. Adotamos esta premissa em nossa redação, respeitando todas as demais formas de expressão científicas e acadêmicas.

Esse artigo foi motivado pela necessidade de uma metodologia de desenvolvimento que fosse aderente a um sistema proposto – um sistema baseado em conhecimento. O sistema em questão, contudo, encerra uma complexidade inaudita que torna nosso trabalho paradoxal. Ao mesmo tempo que o objetivo da presente pesquisa é a seleção da metodologia existente mais adequada, algo relativamente acessível, haja vista a reduzida quantidade de métodos recentes, o sistema que temos como meta final é impenetrável ao primeiro olhar.

O modelo conceitual que emerge neste artigo é o de um sistema artificial com comportamento linguístico reflexivo, característica exclusiva de seres humanos. Batizamos este sistema de SBCLA – Sistema Baseado em Conhecimento de Livro Autopoiético. Estas duas palavras – Livro Autopoiético –, aliás, encerram um conceito inédito exarado ao longo deste trabalho. Nossa abordagem para desenvolver tal artefato tecnológico é o da Engenharia de Ontologias, com suas ferramentas de aquisição, representação e reuso de conhecimento.

O domínio objeto de nosso sistema – a Literatura – enfrenta grandes mudanças tecnológicas e econômicas nas recentes décadas. Embora exista tanta diversidade de mídias digitais, o retrato da literatura mundial apresenta grandes desafios. A IPA – *International Publishers Association* (2015) apresentou pesquisas que indicaram um percentual de entrevistados que tinha lido pelo menos um livro em doze meses, sendo 76% nos Estados Unidos e 68% na Europa. Em 2015, no Brasil, 56% dos entrevistados indicaram ter lido pelo menos um livro nos últimos três meses (Failla, 2016). A falta de tempo é um dos principais motivos indicados para o desinteresse pela leitura. O leitor necessita encontrar no livro novos estímulos e motivações frente a atratividade e facilidade das mídias dinâmicas encontradas na televisão, cinema e rádio.

Por outro lado, diversos trabalhos científicos e avanços tecnológicos na área de multimídia, inteligência artificial e engenharia e gestão do conhecimento apresentam abordagens cada vez mais refinadas para criação, compartilhamento, armazenamento,

distribuição, aquisição, utilização e reutilização do conhecimento, o que nos conduz e estimula a penetrar o desafio.

A pesquisa realizada selecionou a *Systemic Methodology for Ontology Learning* (SMOL) e a Seção 2 descreve os principais fundamentos teóricos envolvidos. A Seção 3 define o Livro Autopoiético, virtualmente criado pelo SBCLA proposto. A Seção 4 apresenta uma revisão bibliográfica sobre metodologias candidatas para o desenvolvimento do SBCLA. A Seção 5 relata alguns trabalhos correlacionados, que abordam tecnologias ou objetivos similares. Finalmente, a Seção 6 apresenta considerações finais e trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta seção introduz os conceitos necessários para definir um Livro Autopoiético e projetar um Sistema Baseado em Conhecimento de Livro Autopoiético (SBCLA). São descritos livros interativos, sistemas autopoiéticos e de conhecimento, engenharia de ontologias e matriz de conhecimento.

2.1 LIVROS INTERATIVOS

As tecnologias de ensino a distância possibilitaram que o acesso ao conhecimento fosse ampliado, já que o texto e a imagem, até então ancorados em livros físicos, tornaram-se disponíveis na internet. A possibilidade de interação com essas mídias do conhecimento motivou pesquisadores a propor novas expressões como *intelligent book* (Rehman, Billingsley & Robinson, 2006), por exemplo, definido como um livro didático disponível na Web, adaptável e extensível de acordo com o uso e a evolução do leitor-aluno, criado a partir de técnicas de Inteligência Artificial (Billingsley & Robinson, 2009). Podemos reconhecer essa tecnologia nos aplicativos de ensino personalizado de idiomas, por exemplo, como o *Duolingo*. Esta plataforma oferece cursos gratuitos de várias línguas, onde o estudante interage através de um dispositivo qualquer com acesso à internet, escolhendo conteúdos, ritmo de aprendizado e formas de avaliação (Ahn & Hacker, 2018).

Nessa mesma linha de livros didáticos eletrônicos, pesquisadores da chinesa *Capital Normal University* desenvolveram uma plataforma de ensino com recomendações personalizadas, baseada em modelos estático e dinâmico de estudantes. O sistema leva em conta

o nível relativo de conhecimento e o estilo de aprendizagem dos alunos (Zhong, Xiaomeng & Haijiao, 2013).

Outro conceito proposto foi o de *smart book*, este atrelado à popularização de livros e leitores eletrônicos (*e-readers e ebooks*). Além de salientar as vantagens óbvias em relação aos compêndios impressos em papel (peso, navegação, anotações etc.), os pesquisadores propuseram a arquitetura de um sistema que contemplasse conteúdo multimídia, múltiplas plataformas de hardware, sensibilidade ao contexto do leitor, através de sensores e atuadores, entre outras facilidades (Beer & Wagner, 2011). Muitas empresas implementaram essas técnicas em seus produtos e serviços, caso da *Amazon* com a plataforma *Kindle* (Amazon.com Inc., 2018).

2.2 SISTEMAS AUTOPOIÉTICOS E CONHECIMENTO

A teoria de autopoiese é oriunda da Biologia e foi formulada pelos pesquisadores Humberto Maturana e Francisco Varela. Um sistema autopoietico é aquele cuja autonomia é resultado de sua organização como sistemas em contínua autoprodução (Maturana, 2014, p. 160). Apreendida por outras áreas científicas a teoria foi sendo adaptada e ampliada, como no caso da Engenharia e Gestão do Conhecimento, que considera o trabalho dos pioneiros na definição de conhecimento sob a ótica autopoietica:

O conhecimento reside na mente, corpo e sistema social. Ele é dependente da história e do observador, sensível ao contexto e não pode ser diretamente compartilhado: somente indiretamente, através de discussões. [. . .] O processo de interpretação de dados recebidos em conversas é a pedra angular do desenvolvimento do conhecimento. Isso permite que os sistemas autopoieticos façam distinções e criem significado de acordo com observações e experiências anteriores (Venzin, Krogh & Roos, 1998, p. 43).

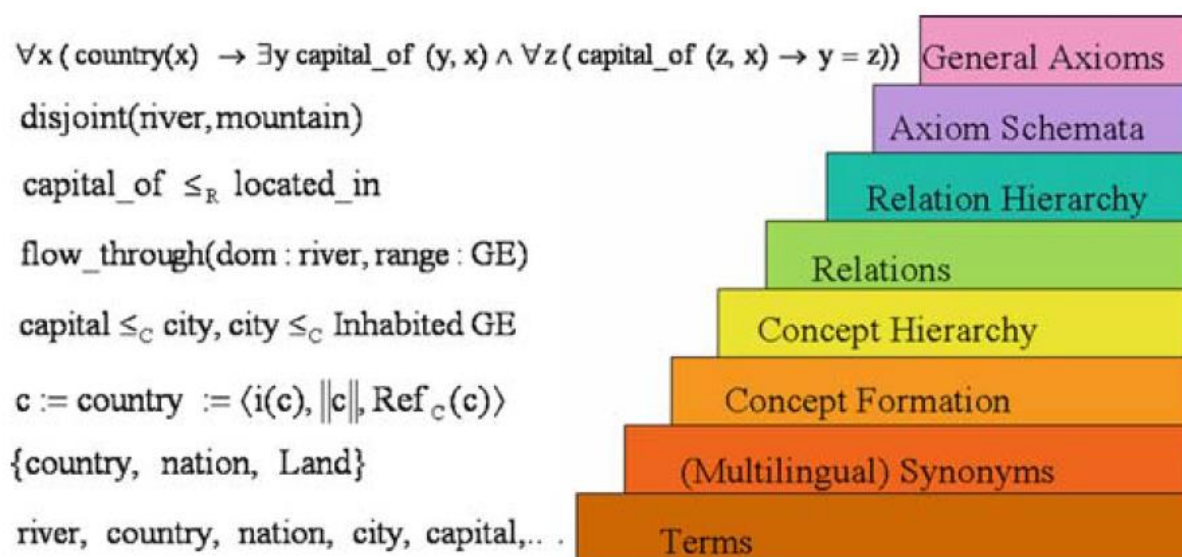
A definição de conhecimento aceita no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC/UFSC) é “conteúdo ou processo efetivado por agentes humanos ou artificiais em atividades de geração de valor científico, econômico, social ou cultural” (Pacheco, 2016).

2.3 ENGENHARIA DE ONTOLOGIAS

O sistema que buscamos desenvolver contém uma ontologia da linguagem, definida como processo “de autoprodução contínua em função das transformações sintáticas e comportamentais” (Mello & Todesco, 2016, p.172), que representa o maior desafio já que as tecnologias que envolvem os sistemas hipermídia adaptativos estão na maturidade de seu desenvolvimento. Colocamos, portanto, nosso foco na Engenharia de Ontologias, em seus métodos e ferramentas, principalmente na técnica de *ontology learning*, pois a ontologia da linguagem deverá autoproduzir-se continuamente a partir das interações recorrentes com o leitor – como se espera num processo autopoietico.

Ontology learning pode ser traduzida como instrução de ontologias e definida como “técnicas de apoio ao engenheiro de ontologias nas tarefas de criar e manter uma ontologia.” (Cimiano, Mädche, Staab & Völker, 2009, p. 245).

Figura 1 – Camadas de instrução de ontologias



Fonte: Cimiano (2006)

O diagrama em camadas da Figura 1 ilustra as várias tarefas relevantes na técnica de instrução de ontologias, além de mostrar as dependências conceituais entre cada nível. A técnica é focalizada em inserir terminologias numa ontologia (TBox – conhecimento intensional⁴,

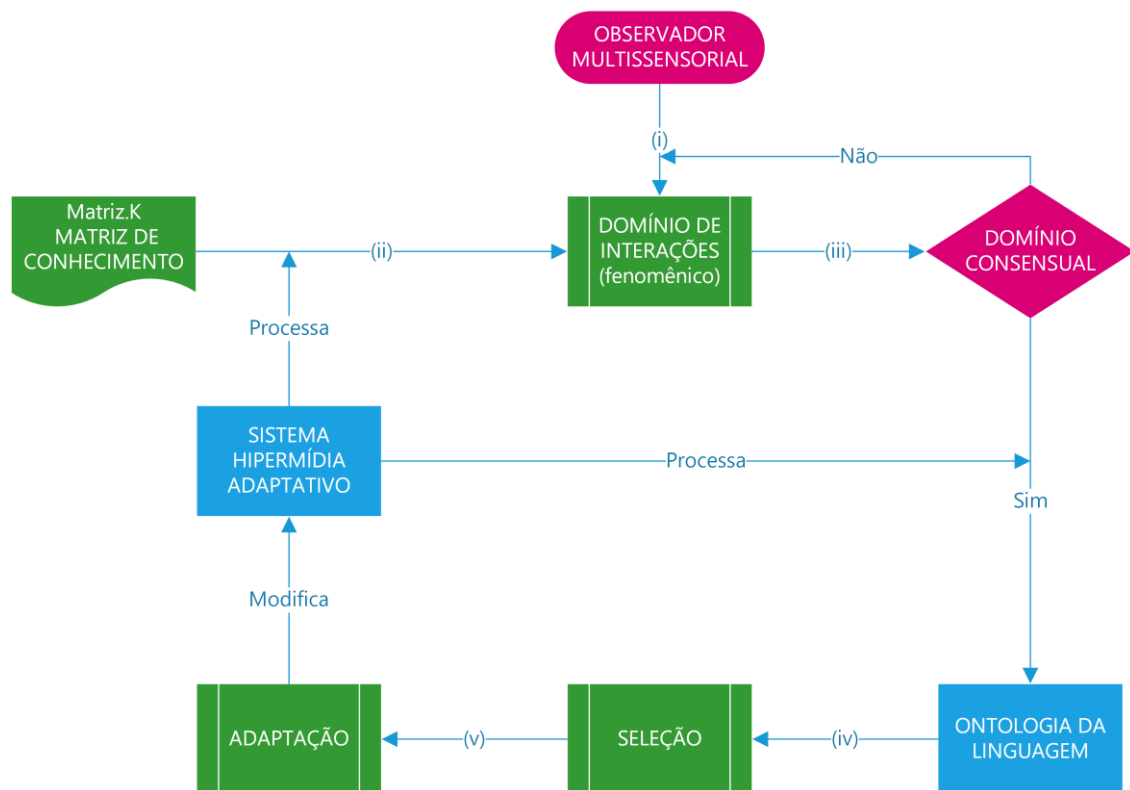
⁴ Intensão: especifica como a extensão depende do mundo possível em causa, incorporando elementos contextuais, como, por exemplo, tempo e local (Moura, 2013, pp. 63-65).

definições de conceitos, papéis etc.), enquanto as técnicas de extração de informação dão conta das asserções (ABox – conhecimento extensional⁵, instâncias).

2.4 MATRIZ DE CONHECIMENTO

Mello e Todesco introduziram o conceito de matriz de conhecimento, ou Matriz.K, como sendo “um documento ou arquivo digital que contém uma amostra de conhecimento sobre a qual se quer realizar uma pesquisa, investigação, aquisição, composição etc.” (Mello & Todesco, 2016, p. 172). No mesmo artigo, os autores propuseram um Sistema de Matriz.K, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Sistema de Matriz de Conhecimento



Fonte: Mello e Todesco (2016)

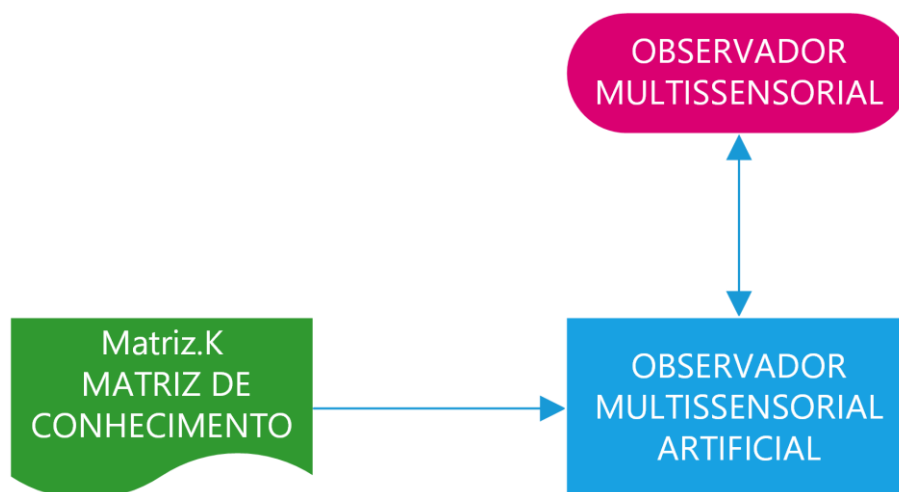
O sistema considera um observador multissensorial como parte insubstituível e não-modelável – um ser humano –, que interage com um observador multissensorial artificial, representado na Figura 2 pelo sistema hipermídia adaptativo, pela ontologia da linguagem e demais subprocessos. “Para operar como um observador, um ser multissensorial deve existir

⁵ Extensão: ou denotação, é o conjunto de indivíduos a que uma expressão (classe, categoria etc.) se refere (Moura, 2013, pp. 63-65).

como um ser linguístico reflexivo, como nós, humanos, somos.” (Maturana, Dávila & Muñoz, 2016, p. 633).

Seguindo o exposto, o sistema fica condensado conforme a Figura 3.

Figura 3 – Sistema de Matriz.K condensado



Fonte: Elaboração dos autores

3 LIVRO AUTOPOIÉTICO

Livro Autopoiético (LA) é um artefato computacional gerado por um SBC – Sistema Baseado em Conhecimento. Este artefato pode ser considerado a extensão do conteúdo de um livro, pois tem como base de dados inicial o texto original, acrescido do conhecimento gerado pelas “n” interações com o leitor. Podemos representá-lo matematicamente na Fórmula 1, onde o Livro Autopoiético (LA) é o somatório de “n” interações do conhecimento inicial contido no livro (*cK* – *content knowledge*), com o conhecimento interativo (*iK* – *interactive knowledge*) adquirido.

$$LA = cK_0 + \sum_{1}^n (iK_n) \quad (1)$$

Definimos Sistema Baseado em Conhecimento de Livro Autopoiético (SBCLA) como um sistema que, a partir do texto de um livro qualquer, possa interagir com o leitor inferindo a partir do conteúdo desse compêndio. Inferências são continuamente agregadas em forma de

conhecimento durante o processo de leitura e interação, permitindo que o Livro Autopoiético se autoproduza continuamente.

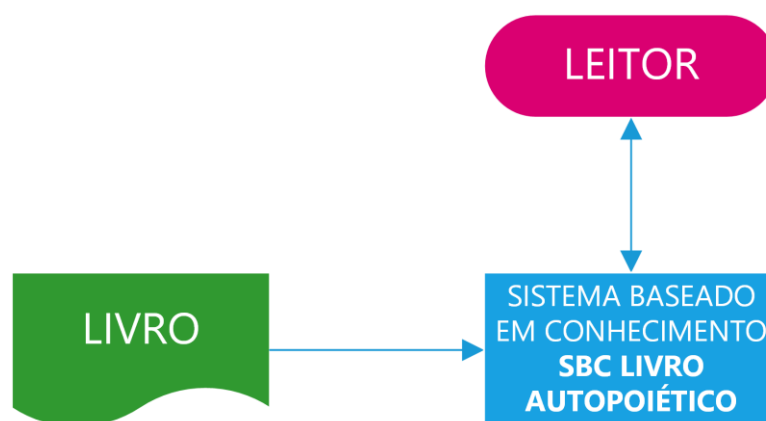
A finalidade do SBCLA é ser uma plataforma inteligente e adaptativa que, a partir do texto de um livro, realize a aquisição de estímulos do leitor (perguntas, reações, anotações, comentários etc.) e responda coerentemente, em forma e conteúdo. Ao armazenar o conhecimento gerado nessas interações e reutilizá-lo para interatuar em situações futuras, o SBCLA transforma o livro original num artefato tecnológico único: o Livro Autopoiético, que se autoproduz continuamente a cada nova interação com o leitor.

Em termos teóricos, formulamos o conceito de SBCLA como sendo um sistema baseado em conhecimento onde um observador multissensorial artificial com comportamento linguístico interage com um observador multissensorial humano sobre uma base de dados não-estruturada (texto simples). Inspirados no discurso de Humberto Maturana, em artigo de 1990 – *Biology of self-consciousness* –, concordamos com a afirmação de que

se queremos realmente construir um sistema artificial que participe da linguagem [. . .] precisamos projetar um sistema especializado (*expert system*) para a realização de certos tipos de comportamento através de interações multissensoriais recorrentes com outro sistema comparável (que poderia ser um ser humano) (Maturana, 2014, p. 286).

O Sistema Baseado em Conhecimento de Livro Autopoiético (SBCLA) é um SBC que implementa o Livro Autopoiético, representado graficamente na Figura 4.

Figura 4 – SBC Livro Autopoiético



Fonte: Elaboração dos autores

O SBCLA adquire conhecimento de forma automática, seja pelo conteúdo do livro, seja pelas interações com o leitor que podem ser realizadas via fala ou texto. Ampliamos, desta forma, as características e potencialidades das tecnologias de livros interativos citados na Seção 2.1. Devido à complexidade do sistema o desenvolvimento de um SBCLA demandará metodologias, ferramentas e linguagens adequadas, as quais abordaremos a seguir.

4 REVISÃO DE METODOLOGIAS

A pesquisa em torno de metodologias que contemplassem a técnica de *ontology learning* nos conduziram por vários caminhos até que consolidássemos a escolha por SMOL. Entre as que nos chamaram a atenção vamos destacar a *OntoGain*, metodologia desenvolvida por pesquisadores da Grécia e Holanda. A *OntoGain* é uma plataforma autônoma de aquisição para ontologias, a partir de texto não-estruturado, composta por quatro módulos: pré-processamento, extração de conceitos, construção de taxonomias e aquisição de relações não-taxonômicas (Drymonas, Zervanou & Petrakis, 2010).

Uma pesquisa sobre o estado da arte na construção de ontologias foi realizada por pesquisadores do Marrocos e levou em conta onze metodologias que foram validadas em diversos domínios. A *OntoGain* destacou-se como técnica de extração automática, usando base de conhecimento em texto não-estruturado, com abordagem linguística e estatística empregando processamento de linguagem natural (NLP) (Esserhrouchni, Frikh & Ouhbi, 2014).

Na mesma linha de trabalho, Wong, Liu e Bennamoun (2012) analisaram sete metodologias realizando comparativos entre elas. A *OntoGain* foi comparada à *Text2Onto*, que é parte do *KAON*⁶. A *OntoGain* revelou precisão na extração de conceitos e relações não-taxonômicas, e construção de hierarquias. Os pesquisadores destacam, também, alguns avanços nas técnicas de instrução de ontologias, tal como a descoberta de relações semânticas entre pares de entidades (*relation discovery*).

⁶ Conjunto de ferramentas para gerenciamento e criação de ontologias (Wong, Liu & Bennamoun, 2012, p. 15).

4.1 METODOLOGIA PARA INSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS

Existem três modos pelos quais uma ontologia pode ser construída: manual, quando a ação humana corresponde a 100% do processo construtivo; semiautomático, quando um humano intervém em momentos do processo para validar propostas do algoritmo; e automático, quando o sistema se encarrega de todo o processo de construção da ontologia (Esserhrouchni, Frikh & Ouhbi, 2014, p. 223).

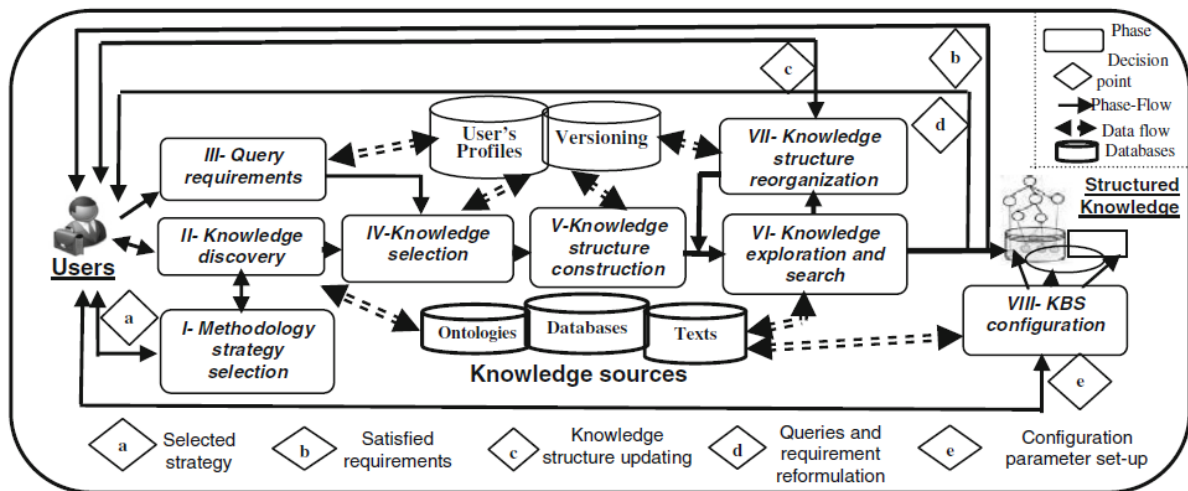
O SBCLA considera uma fonte primária de dados – o livro –, ou seja, uma base de dados em texto, não-estruturada e de tamanho variável. Os livros eletrônicos, contudo, agregam conteúdo multimídia – som e imagem. O sistema deverá, também, acessar fontes externas de dados que podem ser estruturados ou semiestruturados, como a *Wordnet*, por exemplo, um léxico computacional que contém verbos, substantivos, adjetivos etc., de vários idiomas, agrupados em conjuntos semânticos. Outra característica desejável é que os processos de instrução aconteçam dedutiva e indutivamente, de forma a simplificar as soluções para cada caso.

Esta variedade de requisitos nos leva a considerar uma metodologia que seja flexível o suficiente para conduzir nosso desenvolvimento.

4.1.1 SMOL – *Systemic Methodology for Ontology Learning*

Richard Gil e Maria Matin-Bautista, pesquisadores da Universidade de Granada, na Espanha, propuseram uma metodologia em oito fases, baseados numa ideia simples: a cada fase seria selecionado um ou mais recursos metodológicos (método, ferramenta, linguagem etc.) que fosse mais adequado e eficiente, o que resulta numa combinação de tecnologias cada uma sendo utilizada em suas melhores virtudes. O resultado do trabalho foi a *Systemic Methodology for Ontology Learning* (SMOL), cuja concepção “tem o foco em tornar a metodologia flexível, iterativa, incremental e adaptável para apoiar especialistas e engenheiros do conhecimento em importantes tarefas de projeto de sistemas de conhecimento, utilizando recursos metodológicos (previamente desenvolvidos) de fontes heterogêneas de conhecimento”. (Gil & Martin-Bautista, 2014, p. 427). O fluxo de trabalho da metodologia está demonstrado na Figura 5.

Figura 5 – Fluxo SMOL



Fonte: Gil & Martin-Bautista (2014, p. 429)

A inclusão de pontos de controle com autoridade decisória no fluxo da metodologia (*decision points* – losangos na Figura 5) acrescentam solidez à metodologia. São cinco pontos que fortaleceram a nossa opção por SMOL, como por exemplo (c) *Knowledge structure updating*, onde a ontologia em questão é comparada com outras existentes, numa atividade de avaliação que pode ser realizada por ferramentas automáticas de maneira incremental (Gil & Martin-Bautista, 2014, p. 430).

5 TRABALHOS CORRELATOS

O SBCLA, assim como o Livro Autopoiético, são definições inovadoras no domínio da literatura, com poucos ou nenhum trabalho correlato. Apresentamos, entretanto, propostas de trabalho similares em tecnologia demandada ou paralelos em objetivos, como inteligência artificial e interações humano-máquina.

Talvez o mais célebre, atualmente, seja o *IBM Watson* (<https://www.ibm.com/watson/>), uma tecnologia de computação cognitiva desenvolvida pela *IBM Research*, surgida do desafio de criar um sistema computacional capaz de competir em um programa norte-americano de perguntas e respostas, o *Jeopardy*. Atualmente, diferentes aplicações possibilitam ao *IBM Watson* apoiar pesquisas científicas sobre literatura médica, genômica, química, farmacêutica e sobre patentes, auxiliando pesquisadores em tarefas típicas de seus trabalhos.

Outros sistemas de pergunta e resposta restritos a tarefas são o *Google Assistant* (<https://assistant.google.com/>), o *Siri* (<http://www.apple.com/ios/siri/>), e o *Cortana*

(<https://www.microsoft.com/en-us/mobile/experiences/cortana/>). Estes sistemas são capazes de executar tarefas simples como gestão de arquivos, envio de mensagens e ligação para contatos, assim como responder a perguntas pré-programadas.

Experiências de *Deep Learning* são conduzidas pelo pesquisador Yann LeCun (<http://www.cs.nyu.edu/~yann/research/deep/index.html>), cujo grupo está empenhado em desenvolver algoritmos eficientes que simulam o aprendizado humano e animal.

O laboratório francês LIMSI (*Laboratoire d'Informatique pour la Mécanique et les Sciences de l'Ingénieur*) focaliza seus esforços em torno da robótica, pesquisando a interação entre o homem e o computador, e a realidade virtual e aumentada (<https://www.limsi.fr/fr/>).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo da pesquisa foi atingido com a seleção da SMOL – *Systemic Methodology for Ontology Learning* –, que se revelou aderente aos requisitos principais de desenvolvimento de um sistema da complexidade do proposto. A flexibilidade das etapas permite que utilizemos as melhores ferramentas para cada fase de desenvolvimento, inclusive uma metodologia consistente e validada como a *OntoGain*.

A maior contribuição deste artigo, contudo, reside na conceituação de Livro Autopoiético, na proposta de implementá-lo utilizando um sistema baseado em conhecimento com técnicas da Engenharia de Ontologias, tal como a *ontology learning*, e no modelo conceitual do sistema.

Consideramos inovadores no domínio da literatura o conceito, a proposta e o modelo, e colocamos em nosso horizonte de produção científica e acadêmica a tarefa de concretizar o SBCLA - Sistema Baseado em Conhecimento de Livro Autopoiético.

AGRADECIMENTOS

Este artigo foi elaborado enquanto os autores eram beneficiados com bolsas da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), fundação do Ministério da Educação (MEC), e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), órgão ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicação (MCTIC), ambos – Capes e CNPq – dedicados ao incentivo à pesquisa no Brasil.

REFERÊNCIAS

- Ahn, L. von & Hacker, S. *Duolingo*. (2018). Recuperado em 26 abril, 2018, de <https://www.duolingo.com/>
- Amazon.com Inc. *Kindle eBooks*. (2018). Recuperado em 26 abril, 2018, de <https://www.amazon.com/Kindle-eBooks/b?ie=UTF8&node=154606011>
- Beer, W. & Wagner, A. (2011) Smart Books – Adding context-awareness and interaction to electronic books. In: *International Organization for Information Integration and Web-Based Applications & Services*. 9th International Conference on Advances in Mobile Computing & Multimedia (MoMM). [n.d.]: ACM Digital Library.
- Billingsley, W. & Robinson, P. (2009). Intelligent Books: Combining Reactive Learning Exercises with Extensible and Adaptive Content in an Open Access Web Application. In: *Cognitive and Emotional Processes in WebBased Education: Integrating Human Factors and Personalization*. (cap. 13, pp. 229-244) [n.d.]: IGI Global.
- Cimiano, P. (2006). *Ontology Learning and Population from Text: Algorithms, Evaluation and Applications*. Springer.
- Cimiano, P., Mädche, A., Staab, S. & Völker, J. (2009) Ontology learning. In: S. Staab & R. Studer (Eds.) *Handbook on Ontologies*. (2nd ed., cap. 2, pp. 245-267). Berlin: Springer-Verlag.
- Drymonas, E., Zervanou, K. & Petrakis, E. G. (2010). Unsupervised Ontology Acquisition from Plain Texts: The OntoGain System. In: *15th International Conference on Applications of Natural Language to Information Systems: Natural Language Processing and Information Systems*. (p. 277-287). Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Esserhrouchni, O. E. I., Frikh, B. & Ouhbi, B. (2014). Building Ontologies: a State of the Art, and an Application to Finance Domain. In: *Fifth International Conference on Next Generation Networks and Services (NGNS)* (pp. 223-230). Casablanca, Marrocos: IEEE.
- Failla, Z. (2016). *Retratos da leitura no Brasil 4*. Rio de Janeiro: Instituto Pró-Livro. Recuperado em 26 abril, 2018, do site oficial do instituto http://prolivro.org.br/home/images/2016/RetratosDaLeitura2016_LIVRO_EM_PDF_FINAL_COM_CAPA.pdf
- Gil, R. & Martin-Bautista, M. J. (2014, June). SMOL: a systemic methodology for ontology learning from heterogeneous sources. In: *Journal of Intelligent Information Systems*, (vol. 42, iss. 3, pp. 415-455). New York: Springer US.
- International Publishers Association, Annual Report. (2015, October). *Global Publishing and Reading Statistics*. Recuperado em 24 abril, 2018, do site oficial da IPA https://www.internationalpublishers.org/images/annual-reports/2015_online_statistics.pdf
- Maturana, H. (2014). *A ontologia da realidade*. (2nd ed.). Belo Horizonte, MG: UFMG.
- Maturana, H., Dávila, X. & Muñoz, S. R. (2016, November). Cultural-Biology: Systemic Consequences of Our Evolutionary Natural Drift as Molecular Autopoietic Systems. In: *Foundations of Science*. (vol. 21, iss. 4, pp. 631-678). Springer Netherlands.

- Mello, B. E. & Todesco, J. L. (2016). Ontologia da linguagem e matriz de conhecimento em sistemas hipermídia adaptativos. In: *Revista Memorare*, (vol. 3, n. 3, pp. 161-175) Tubarão, SC: UNISUL. Recuperado em 26 de abril, 2018, do site <http://www.portaldeperiodicos.unisul.br/index.php/memorare_grupegp/article/view/4375>.
- Morin, E. (2014). *A cabeça bem-feita: repensar a reforma, reformar o pensamento*. (21st ed.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Morin, E. & Andrade, J. M. T. (2015). *Iniciação ao pensamento complexo*. (Kindle ed.).
- Moura, H. M. M., (2013). *Significação e Contexto: uma introdução a questões de semântica e pragmática* (4th ed.). Florianópolis, SC: Insular.
- Pacheco, R. C. S. (2016). Coprodução em Ciência, Tecnologia e Inovação: Fundamentos e Visões. In: P.S. Freire & J. M. Pedro (Orgs.) *Interdisciplinaridade: Universidade e Inovação Social e Tecnológica* (1st ed., cap. 1, pp. 21-62). Curitiba: CRV.
- Rehman, K., Billingley, W. & ROBINSON, P. (2006). Writing questions for an intelligent book using external AI. In: *IEEE – 6th International Conference on Advanced Learning Technologies ICALT* (pp. 1089-1091). Kerkrade, the Netherlands.
- Venzin, M., Krogh, G. & Roos, J. (1998). Future research into knowledge management. In: *Knowing in Firms: understanding, managing and measuring knowledge* (cap. 2, pp. 26-66). London: SAGE.
- Wong, W., Liu, W. & Bennamoun, M. (2012). Ontology Learning from Text: A Look Back and into the Future. In: *ACM Computing Surveys (CSUR)* (vol. 44, iss. 4, pp. 1-36). New York, USA: ACM Digital Library.
- Zhong, S., Xiaomeng, T. & Haijiao, S. (2013). A research about personalized recommendations in e-Textbook. In: *Fourth International Conference on Intelligent Systems Design and Engineering Applications*. Zhangjiajie, Hunan Province, China: Conference Publishing Services.