

UMA REVISÃO DA LITERATURA SOBRE ONTOLOGIAS APLICADAS AO E- LEARNING

Ronnie Carlos Tavares Nunes¹, Alexandre Leopoldo Gonçalves², João Artur de Souza³, José
Leomar Todesco⁴

RESUMO

A Web Semântica e suas tecnologias visam a estabelecer uma evolução da web sintática, para um ambiente onde *software* e usuário possam trabalhar de forma cooperativa. Neste cenário, tecnologias de *Linked Data* e ontologias se destacam, fornecendo as ferramentas necessárias para sedimentar o alicerce da Web Semântica. Para se avaliar o crescente interesse por essas tecnologias aplicadas ao *E-Learning*, o presente artigo realizou uma revisão da literatura dos últimos cinco anos, utilizando algumas bases de trabalhos acadêmicos. A partir disso, foi utilizado um *framework* para classificação das ontologias encontradas, baseado em trabalhos semelhantes desenvolvidos por outros autores. Desta forma, pôde-se avaliar facilmente algumas linhas de pesquisa que estão evoluindo e despertando maior interesse na área, fornecendo assim, subsídios para a reflexão crítica no desenvolvimento de novos trabalhos. Publicações que fazem o uso de ontologias para o *design* pedagógico foram as mais encontradas nas bases selecionadas, seguidas por aquelas que utilizam ontologias como suporte ao processo de personalização. Ao final, chega-se à conclusão de que na literatura existem muitos trabalhos voltados ao uso das ontologias como suporte ao desenvolvimento de recursos e métodos pedagógicos. Um olhar crítico parece ser necessário para estimular o desenvolvimento das outras temáticas do domínio em que o uso de ontologias pode maximizar a eficácia e eficiência do processo de ensino em ambientes *on-line*.

Palavras-chave: *E-Learning*, Ontologias, Web Semântica, *Linked Data*.

ABSTRACT

The Semantic Web and its technologies aim to establish a current evolution of the web, syntactic, to an environment in which software and user can work in a cooperative way. In this scenario, Linked Data technologies and ontologies stand out, providing the necessary tools to sediment the foundation of the Semantic Web. In order to evaluate the growing interest in these technologies applied to E-Learning, this article has reviewed the literature of the last five years analyzing some academic databases. From this, a framework was used to classify the ontologies found based on similar works developed by other authors. In this way, it was possible to easily evaluate some research lines that are evolving and arousing greater interest in the area, thus providing subsidies for critical reflection in the development of new works. Publications that make use of ontologies for pedagogical design were the most found in the selected databases, followed by those use ontologies as a support to the personalization process. At the end, it is concluded that in the literature there are many works that focus on the use of ontologies as a support for the development of resources and pedagogical methods. A critical look seems to be needed to stimulate the development of other thematic areas in which the use of ontologies can maximize the effectiveness and efficiency of the teaching process in online environments.

Keywords: *E-Learning*, Ontologies, Semantic Web, *Linked Data*.

¹ Mestrando no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento (PPGEGC) - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis - SC - Brasil. Email: ronnie.carlos@prf.gov.br

² Professor Titular no Departamento de Engenharia e Gestão do Conhecimento (dEGC) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis – SC – Brasil. Email: a.l.goncalves@ufsc.br

³ Professor Titular no Departamento de Engenharia e Gestão do Conhecimento (dEGC) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis – SC – Brasil. Email: jartur@gmail.com

⁴ Professor Titular no Departamento de Engenharia e Gestão do Conhecimento (dEGC) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) - Florianópolis – SC – Brasil. Email: tite@egc.ufsc.br

1 INTRODUÇÃO

Ontologias têm sido utilizadas para possibilitar um acesso inteligente a informações armazenadas. Elas descrevem os conceitos utilizados em um domínio e suas relações e exercem um papel fundamental para o desenvolvimento da Web Semântica, pois representam um dos componentes fundamentais para o seu desenvolvimento.

A Web Semântica busca inserir conteúdo semântico na web, de modo que seja possível o processamento das informações de forma automática. Segundo Berners-Lee, Hendler e Lassila (2001), ela não é uma rede separada, mas uma extensão da atual, onde a informação tem o significado bem definido, com a capacidade de permitir que computadores e pessoas trabalhem de modo cooperativo (p. 34). Al-yahya, George, e Alfaries (2015) ressaltam que a utilização de tecnologias de *linked-data* e Web Semântica podem facilitar a recuperação de dados distribuídos por diferentes sistemas de *E-Learning*, permitindo o compartilhamento e o reuso de recursos educacionais.

A utilização de ontologias voltadas para o ambiente educacional tem recorrente exposição na literatura. Assim, este artigo tem por finalidade realizar uma revisão da literatura através da identificação de artigos que utilizam no título ou nas palavras chaves os termos Ontologia e *E-Learning*, considerando os últimos cinco anos, utilizando como referencial de pesquisa as bases IEEE®, *Science Direct*®, ACM® e *Web of Science*®. Busca-se, dessa forma, evidenciar e mapear a crescente utilização de ontologias para as atividades de *E-Learning*.

O artigo foi organizado da seguinte forma: na primeira parte realizou-se uma introdução sobre o assunto, abordando a motivação da pesquisa e sua contextualização. Em seguida, são expostas as definições basilares de ontologias e Web-Semântica. No terceiro item, discorreu-se sobre o método de pesquisa e as *queries* utilizadas. Na quarta parte, a classificação de ontologia adotada foi mencionada, e na quinta parte, tratou-se do *E-Learning*. Na sexta parte, foram discutidos os domínios de aplicação das ontologias nos ambientes *online* de aprendizagem, para que, na sétima parte, fosse então realizada uma discussão acerca dos resultados encontrados. Finalmente, a última parte foi dedicada às conclusões e reflexões sobre o resultado da pesquisa.

2 ONTOLOGIAS E A WEB SEMÂNTICA

O termo “Ontologia”, tem sua origem na filosofia. O Dicionário Oxford de Filosofia define ontologia como “[...] o termo derivado da palavra grega que significa ‘ser’, mas usado desde o século XVII para denominar o ramo da metafísica que diz respeito àquilo que existe”

(Blackburn & Marcondes, 1997, p. 268). Entretanto, na área de organização da informação, a definição tem pouca correlação com este conceito.

Entre as definições mais utilizadas por pesquisadores é aquela citada por Gruber (1993), segundo o qual uma ontologia é uma “especificação explícita de uma conceituação” (p. 199), sendo uma conceituação, “uma visão simplificada e abstrata do mundo a qual pretende-se representar” (p. 199).

Outras definições também foram propostas na literatura. Borst (1997) modificou a definição inicial de Gruber para “uma especificação formal e explícita de uma conceitualização compartilhada” (p. 12). Swartout et al. (1996) definiram ontologia como “um conjunto de termos estruturados que descrevem algum tópico ou domínio” (p. 138). Guarino (1998), analisando o aspecto intencional, declarou que uma ontologia é “um conjunto de axiomas lógicos projetados para explicar o significado pretendido de um vocabulário” (p. 7). Pode-se consultar ainda Uschold (1996) e Wache et al. (2001). Cada uma das definições propostas na área proporciona pontos de vista diferentes de uma mesma realidade que se complementam. Cita-se ainda a clássica definição de Studer, Benjamins, e Fensel (1998), segundo a qual ontologia é “uma especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada” (p. 184).

De forma geral, uma ontologia busca otimizar a recuperação de informação. As várias definições e as proposições para construção e aplicação em diferentes áreas do conhecimento tornam difícil a escolha e a utilização das técnicas disponíveis para aplicação em um determinado domínio. Portanto, este artigo procura contribuir na identificação das abordagens mais utilizadas.

Segundo Maedche e Staab (2001), as estruturas conceituais provenientes de uma ontologia fornecem subsídios para que os dados sejam processados por máquinas na Web Semântica. Logo, esta é dependente das ontologias formais para estruturar os dados para inferências e raciocínio de máquina. Assim, o avanço na produção de ontologias fornece o suporte necessário para o sucesso da Web Semântica.

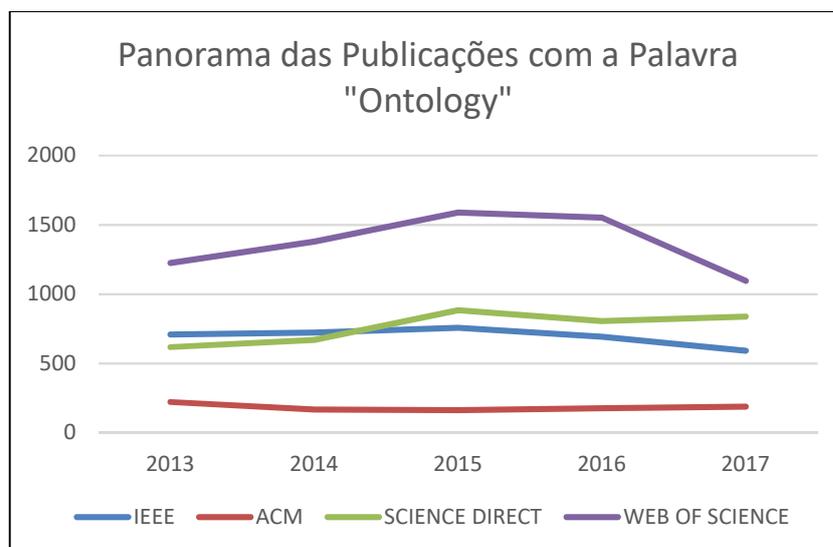
A Web Semântica permite estruturar coleções de informações e regras de inferência para automatizar o processo de raciocínio, inserindo, assim, conteúdo semântico na Internet, de modo que os agentes de *software* possam realizar tarefas sofisticadas para os usuários. É uma extensão da web atual, para possibilitar que pessoas e computadores trabalhem de modo cooperativo (Berners-Lee et al., 2001). Na área educacional, possibilita que o conhecimento do domínio, pedagógico e do curso sejam integrados em um framework interoperável (Zielinski, 2015).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Com a finalidade de analisar a literatura referente a utilização de ontologias no *E-Learning* nos últimos cinco anos, foram utilizadas como referencial nesta pesquisa as bases IEEE®, *Science Direct*®, ACM® e *Web of Science*®.

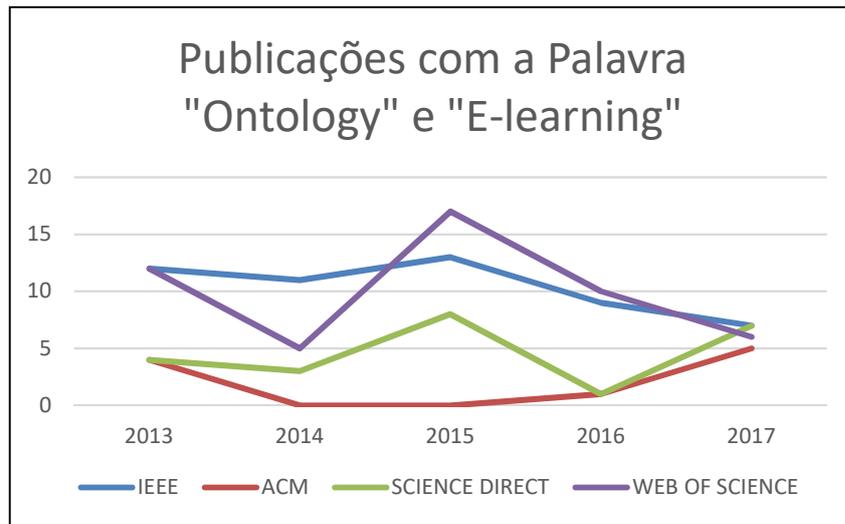
No primeiro momento, utilizou-se o termo “*Ontology*”, definindo para que a pesquisa ocorresse no título e nas palavras-chave de cada base, permitindo uma avaliação geral do interesse nesta área. Na base *ScienceDirect*, a busca incluiu também o *Abstract*. Na *Web of Science*, a pesquisa considerou apenas a existência no termo “*Ontology*” no título. A figura 1 apresenta o panorama da pesquisa realizada nas diferentes bases. Em um segundo momento, foi utilizada conjuntamente as palavras “*Ontologia*” e “*E-learning*”, buscando as duas palavras ou no título ou nas palavras-chave, utilizando as ferramentas de pesquisa avançada disponibilizada pelas bases. Assim, na ACM, a *string* de pesquisa utilizada foi `acmdlTitle:(Ontology+"e-learning") OR keywords.author.keyword: (+ontology +"e-learning")`. Na IEEE, `((("Document Title":ontology) AND "Document Title":e-learning) OR "Author Keywords":ontology) AND "Author Keywords":e-learning`). Na base *Science Direct*, a pesquisa por padrão procura no título, no resumo e nas palavras-chave. Na *Web of Science*, a busca foi realizada somente no título. Os resultados obtidos foram os informados na figura 2. Para a geração dos gráficos utilizou-se o Microsoft Excel®, onde foi realizada a tabulação dos dados com os resultados apresentados pelas ferramentas de busca.

Figura 1 – Panorama das publicações com o termo *Ontology*



Fonte: Os autores (2018)

Figura 2 – Panorama das publicações com os termos *Ontology* e *E-Learning*



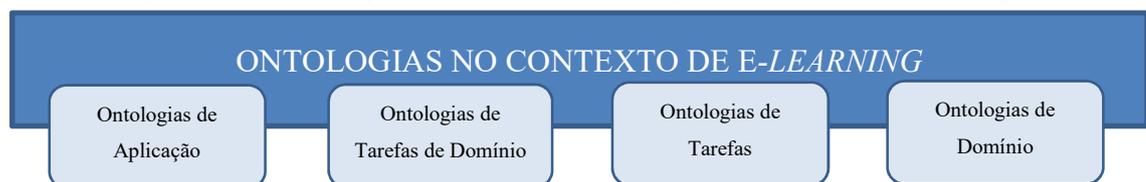
Fonte: Os autores (2018)

4 CLASSIFICAÇÃO DAS ONTOLOGIAS

Existem vários tipos de classificações das ontologias na literatura. Por exemplo, Gómez-Pérez (1999) as dividem em: ontologias de representação do conhecimento, meta-ontologias, as ontologias de domínio, de tarefa, ontologias de tarefas de domínio, ontologias de aplicação, de índice e ontologias de perguntas e respostas. Uma pesquisa que apresenta uma classificação bem completa pode ser encontrada em Almeida e Bax (2003), onde os tipos de ontologia são relacionados de acordo com suas características específicas.

Neste trabalho o *framework* adotado para a classificação das ontologias utilizadas em *E-Learning* é semelhante ao adotado por Al-yahya et al. (2015), baseada em Gómez-Pérez (1999), conforme figura 3.

Figura 3 – *Framework* para classificação das ontologias no contexto de *E-Learning*



Fonte: Adaptado de Al-yahya et al. (2015)

De acordo com Gómez-Pérez (1999), as ontologias de aplicação correspondem a aplicações dependentes que contêm todas as definições necessárias para modelar o conhecimento requerido para uma aplicação particular. As ontologias de tarefas de domínio ou

domínio específico, são tarefas de domínio reutilizáveis em um dado domínio, mas não em outros domínios, pois são aplicações independentes. Ontologias de tarefa descrevem o vocabulário relacionado a uma tarefa genérica ou atividade pela especialização de termos nas ontologias *top-level*. Por fim, as ontologias de domínio são aquelas que são reusadas em um dado domínio específico, proporcionando vocabulários sobre conceitos dentro do domínio.

5 E-LEARNING

A educação à distância é uma alternativa educacional para se oferecer uma experiência de aprendizado sem a necessidade de uma sala de aula convencional. Clark e Mayer (2016), definem *E-Learning* como atividades de ensino fornecidas por um dispositivo digital, como um computador ou telefone celular, que tem como objetivo promover suporte ao aprendizado.

O *E-Learning* representa uma evolução dos sistemas educacionais baseados em computador. No Brasil, a partir da década de 70, surgiram as primeiras pesquisas abordando a utilização do computador para fins didáticos (Valente & Almeida, 1997). Porém, este formato de sistema educacional disponibiliza o mesmo conteúdo para todos, independentemente da análise de outras características.

Al-yahya et al. (2015) identificaram na literatura três gerações de sistemas educacionais baseados na web. A primeira geração habilita o acesso a cursos online e aos materiais pedagógicos complementares, como é o caso dos portais educacionais e dos sistemas de gerenciamento de ensino. A segunda geração, que também engloba a primeira, é composta por aqueles que utilizam técnicas de inteligência artificial para dar suporte à novas funções, como adaptação às preferências e necessidades dos alunos. Também são chamados de sistemas adaptativos de hipermídias educacionais. A terceira geração, faz uso das técnicas de Web Semântica, como ontologias, com vistas à escalabilidade, reusabilidade e interoperabilidade do conteúdo educacional disponibilizado através da internet.

Com a vasta gama de informações disponíveis através das interações dos alunos com os ambientes eletrônicos de aprendizagem, é possível o desenvolvimento de sistemas de *E-Learning* que permitem não só a personalização da experiência do aluno, como também o compartilhamento e reuso das atividades de aprendizado entre diversos ambientes distintos, em conformidade com os requisitos pedagógicos.

Outras possibilidades incluem associar *E-Learning* com sistemas de recomendação (Herath & Jayaratne, 2017), técnicas de agrupamento de dados para avaliação do desempenho do estudante (Rao et al., 2017), redescoberta de conhecimento prévio baseado na taxonomia de

Bloom (Hasibuan et al., 2017) ou ainda, a utilização de arquitetura baseada em ontologia no contexto de sistemas de recomendação e aplicações em *Mobile-Learning* (Bouihi & Bahaj, 2017).

6 ONTOLOGIAS E SUAS APLICAÇÕES NO *E-LEARNING*

Para dimensionar as aplicabilidades das ontologias no contexto de *E-Learning*, foi utilizada a seguinte categorização, também utilizada por Al-yahya et al. (2015):

- Gestão de Programas Educacionais (Currículo)
- Descrição de domínios de aprendizagem;
- Descrição de dados do aluno;
- Descrição dos serviços de *E-Learning*;

As classificações utilizadas podem ser analisadas de acordo com as atividades que compõe cada uma. Por exemplo, a descrição do domínio de aprendizado é composta pelos itens de avaliação, *feedback*, *design* pedagógico e busca e recuperação. A descrição de dados do aluno, por sua vez, pode ser composta pela modelagem dos dados do aluno e personalização.

Al-yahya et al. (2015) ressaltam que os dados de todos os cursos oferecidos por uma instituição (currículo institucional) são importantes para facilitar o processo de busca e o acesso às informações; para indicar como a instituição facilita o alcance das metas de aprendizado dos cursos; garantir conformidade do programa com os objetivos institucionais; para facilitar a avaliação e a revisão periódica, assim como o desenvolvimento de novos programas de aprendizado e revisão dos já existentes e para o alinhamento com as demandas de recrutamento do mercado. A utilização de ontologias para a representação do currículo propicia que os gestores e stakeholders tenham condições de dar uma resposta satisfatória, de maneira flexível e criativa, às mudanças econômicas e culturais.

Dentre as ontologias desenvolvidas para o gerenciamento dos programas educacionais, pode citar a “Gescur”, que permite a realização da análise de como a instituição se adequa aos padrões exigidos e auxilia no planejamento das atividades acadêmicas (Fernández-Breis et al., 2012, p. 6011). Assim, seu significado é formalizado e pode ser compreendido por processos automatizados. As ontologias, neste caso, foram utilizadas no processo de desenvolvimento da aplicação web.

Ontologias de descrição dos domínios de aprendizagem geralmente são divididas em duas classes: ontologias de domínio do objeto e ontologias de tarefas. As de objeto modelam os elementos de conhecimento de um objeto do domínio ou parte dele. As ontologias de tarefa têm

como objetivo principal manter o foco na modelagem da tarefa de aprendizagem, ou seja, os elementos estruturais de uma atividade. Dentre as atividades, pode-se citar avaliação, *feedback*, o projeto pedagógico, procura e recuperação de informações.

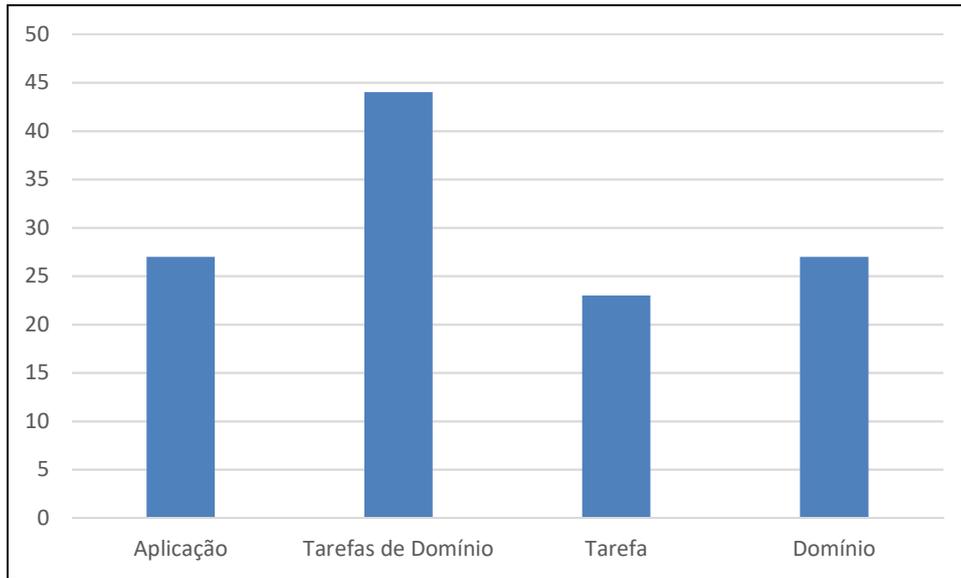
Ontologias para descrição dos dados do aluno é importante para avaliação e personalização (sequenciamento de atividades e monitoração da performance). Diz respeito aos dados de um aluno individualmente, como o progresso em uma determinada atividade, dados de perfil e dados de performance. Alguns sistemas utilizam metadados provenientes de um ou mais padrões para produzir um perfil de aluno. Existem vários padrões encontrados na literatura e são utilizados para representar esse tipo de dado. Como exemplo, pode-se citar PAPI (*Public and Private Information*), IMS LIP (*Learner Information Package*), eduPerson, Dolog LP and FOAF (*Friend of a Friend*). E por fim, as ontologias para descrição dos serviços de *E-Learning* são utilizadas para interoperabilidade entre vários sistemas educacionais, permitindo o compartilhamento e a extração de dados. O uso de ontologias para esse descrever esses tipos de serviços e recursos educacionais os tornam acessíveis, pesquisáveis e compartilháveis (Al-yahya et al., 2015, p. 71).

7 RESULTADO E DISCUSSÕES

A figura 4 traz os resultados para os tipos de ontologias encontradas no domínio de *E-Learning*, considerando a classificação inicial adotada. Conclui-se que as pesquisas relativas à aplicação de ontologias em tarefas de domínio têm recebido expressiva atenção.

As ontologias de tarefas do domínio descrevem o vocabulário para uma tarefa específica do domínio. Não podem ser usadas em domínios distintos do qual foi criada. Já ontologias de domínio representam conhecimentos que são reutilizáveis em um domínio específico, pois fornecem vocabulários para os conceitos e atividades, sendo independentes de alguma tarefa ou aplicação específica. Ontologias de tarefas descrevem vocabulário relevante para uma atividade ou tarefa genérica que pode ser aplicada em domínios diferentes. Ontologias de aplicação são aquelas que descrevem o vocabulário para uma aplicação específica (Al-yahya et al., 2015, p. 69).

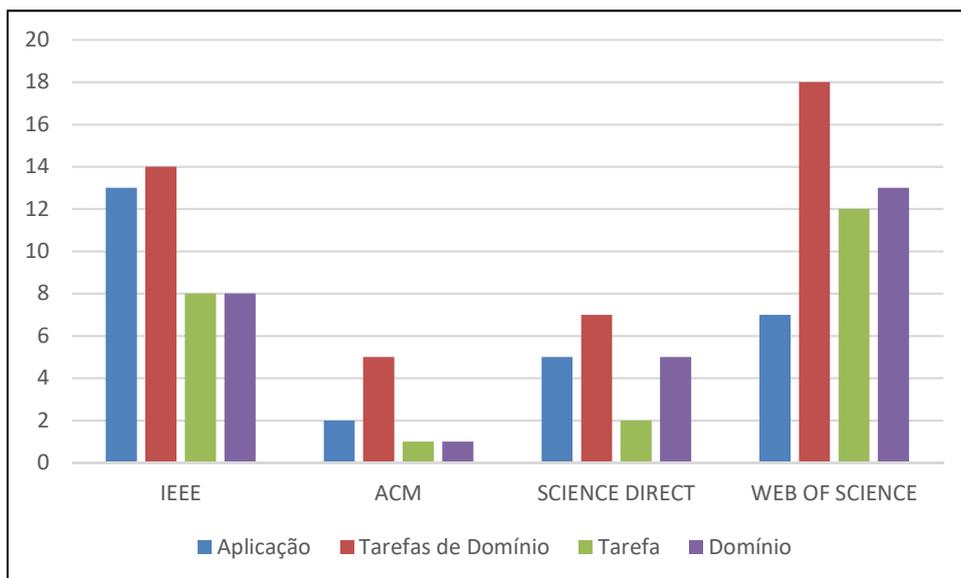
Figura 4 – Classificação das ontologias pesquisadas



Fonte: Os autores (2018)

Já na figura 5, o resultado é classificado levando em consideração cada base de dados individualmente. *Web of Science*® e *IEEE*® contém um número maior de publicações, mas a quantidade e o tipo de ontologias utilizadas nos trabalhos que envolvem a temática do ensino à distância diferem entre si.

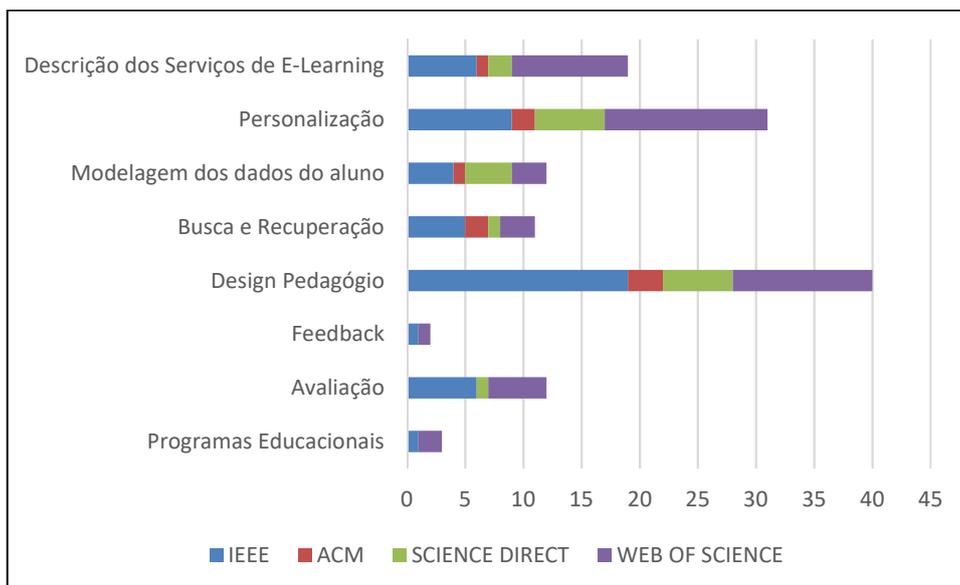
Figura 5 – Classificação das ontologias pesquisadas segundo a base



Fonte: Os autores (2018)

Utilizando-se a classificação segundo as tarefas de *E-Learning*, a figura 6 é obtida. A classificação de cada artigo foi realizada pelos autores, através da leitura dos títulos e resumos de cada publicação.

Figura 6 – Domínios de aplicação das ontologias



Fonte: Os autores (2018)

Os dados obtidos indicam que ontologias que apoiam o desenvolvimento de recursos pedagógicos foram as que mais ocorreram nas bases de pesquisa consideradas, seguida das ontologias que objetivam realizar a personalização do conteúdo. Em um destes estudos, Mota et al. (2015) propõem uma arquitetura que chamaram de OTILIA, destinada à recomendação de técnicas de ensino, no intuito de ajudar professores no desenvolvimento de cenários de ensino. Eles ressaltam a importância de sistemas educacionais baseados em computador para o desenvolvimento de diferentes métodos pedagógicos para o planejamento das atividades.

Nitidamente a base *Web of Science*® se sobressaiu quando utilizados como argumentos de busca os termos *Ontology* e *E-Learning*, indicando um número maior de trabalhos publicados sobre o tema.

Os trabalhos voltados ao desenvolvimento de ontologias para promoção da personalização do estudo são os que ficaram em segundo lugar. Geralmente utilizam dados do perfil do estudante para a realização do acompanhamento de sua performance ou para sequenciar as atividades de estudo. Em Sarmiento et al., (2017) os autores tratam de um tutor acadêmico semiautomático, em uma abordagem baseada em ontologia para a seleção de caminhos de aprendizagem baseado nos dados do perfil do aluno.

A descrição de serviços de *E-Learning* envolve ontologias para descrição de serviços e componentes para a interoperabilidade entre diversas plataformas de *E-Learning*, envolvendo a acessibilidade e reusabilidade dos componentes. Dentre as temáticas abordadas, pode-se citar o uso dos metadados, para modelar o contexto de *mobile learning*, para apoiar a estruturação de redes e repositórios de informação, para implementar novas características à Web Semântica, para modelar a representação do conhecimento para MOOCs, para descoberta e descrição semântica de *Web Services* relativos à *E-Learning*, dentre outros.

A procura, indexação e recuperação de materiais pedagógicos também desperta a atenção de pesquisadores. Kamal et al. (2017) desenvolveram um índice semântico que objetiva encontrar recursos pedagógicos relevantes para o usuário, em detrimento do usual modelo léxico, que procura informações baseadas em palavras especificadas através de uma query de pesquisa.

A detecção de estilo de aprendizagem também teve resultados expressivos. Como exemplos, pode-se citar Hasibum et al. (2017), que propuseram um método para reviver conhecimento anterior utilizando a taxonomia de Bloom, para detectar o estilo de aprendizado. Já em Felemban et al. (2017), as ontologias são utilizadas para suportar a identificação de evidências de aprendizado de tarefas colaborativas que imitam a observação em sala de aula. Através de um agente de *software* que coleta as ações dos usuários no ambiente, é possível avaliar a quantidade de interações do aluno com o ambiente, enquanto a avaliação da qualidade do desempenho é realizada de forma presencial.

Ontologias voltadas para a avaliação também se fazem presentes. Khater et al. (2016) abordaram um método para medir o resultado do conhecimento de alunos além da avaliação do próprio curso, com a finalidade de melhorar também os processos de aprendizagem.

Com relação ao *feedback*, Arguedas et al. (2015) em seu estudo, realizam a proposição de uma ontologia para identificar e classificar o comportamento humano baseados nos *emoticons* que os alunos e professores utilizam nos ambientes de *E-Learning*, com o intuito de promover uma melhora positiva no desempenho e no comportamento dos alunos através da utilização adequada deste recurso.

8 CONCLUSÕES

O presente artigo procurou evidenciar como as ontologias estão sendo utilizadas nos ambientes de *E-Learning*, através da realização de uma revisão da literatura, considerando os últimos cinco anos, nas bases IEEE®, *Science Direct*®, ACM® e *Web of Science*®.

A aplicabilidade de ontologias foi analisada e, através do *framework* utilizado por Al-yahya et al. (2015), identificou-se que a maior parte dos estudos pesquisam as ontologias para descrever os serviços e componentes necessários para o desenvolvimento de recursos pedagógicos. Logo em seguida, sobressaem-se os estudos que utilizam as ontologias para promover algum tipo de personalização de recursos educacionais para o aluno, podendo ser ou não baseado em seu perfil.

Ontologias voltadas para a interoperabilidade do conhecimento entre sistemas diferentes, que podem utilizar dados compartilhados relevantes para aprimorar a experiência de aprendizado do aluno nos ambientes computacionais, vêm em terceiro. A modelagem dos dados dos alunos e ontologias que suportam as tarefas de avaliação aparecem com a mesma frequência nos resultados.

O uso de ontologias para dar suporte à busca e recuperação, também teve expressividade, enquanto o desenvolvimento de programas educacionais (*curriculum*) e *feedback* foram os temas menos abordados.

Espera-se que o presente estudo possa subsidiar um raciocínio crítico em respeito da utilização de ontologias no domínio do *E-Learning*, de forma que os novos estudos possam focar nas temáticas menos abordadas e tornar ambientes virtuais de aprendizagem mais amigáveis, sensíveis ao desenvolvimento do aluno e com a capacidade de prover um conteúdo relevante, baseado em técnicas de inteligência artificial, ontologias, *linked-data* e web semântica.

REFERÊNCIAS

- Al-yahya, M., George, R., & Alfaries, A. (2015). Ontologies in *E-Learning*: Review of the Literature. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, 9(2), 67–84.
- Almeida, M. B., & Bax, M. P. (2003). Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação*, 32(3), 7–20.
- Arguedas, M., Xhafa, F., Daradoumis, T., & Caballe, S. (2015). An Ontology about Emotion Awareness and Affective Feedback in Elearning. *Proceedings - 2015 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, IEEE INCoS 2015*, 156–163.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The Semantic Web. *Scientific american*, 284(5), 34–43.
- BLACKBURN, S., & MARCONDES, D. (1997). Consultoria da edição brasileira. *D. Dicionário oxford de filosofia. Tradução D. Murcho et al.* Rio de Janeiro: Jorge Zahar.

- Borst, W. N. (1997). *Construction of engineering ontologies for knowledge sharing and reuse*. Centre for Telematics and Information Technology (CTIT).
- Bouhi, B., & Bahaj, M. (2017). An Ontology-based Architecture for Context Recommendation System in *E-learning* and *Mobile-learning* Applications. *International Conference on Electrical and Information Technologies (ICEIT), Rabat*, 1–6.
- Clark, R., & Mayer, R. (2016). *E-Learning and the science of instruction: proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Felemban, S., Gardner, M., & Callaghan, V. (2017). An event detection approach for identifying learning evidence in collaborative virtual environments. *2016 8th Computer Science and Electronic Engineering Conference, CEEC 2016 - Conference Proceedings*, 42–47.
- Fernández-Breis, J. T., Castellanos-Nieves, D., Hernández-Franco, J., Soler-Segovia, C., Robles-Redondo, M. D. C., González-Martínez, R., & Prendes-Espinosa, M. P. (2012). A semantic platform for the management of the educative curriculum. *Expert Systems with Applications*, 39(5), 6011–6019.
- Gómez-Pérez, A. (1999). Ontological Engineering: A State of the Art. *Expert Update*, 2.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199–220. Palo Alto.
- Guarino, N. (1998). *Formal ontology in information systems: Proceedings of the first international conference (FOIS'98)*. Trento, Italy: IOS Press.
- Hasibuan, M. S., Nugroho, L., & Santosa, I. (2017). Learning Style Model Detection Based on Prior Knowledge in *E-learning* System. *Second International Conference on Informatics and Computing (ICIC), Jayapura*, 1–5.
- Herath, D., & Jayaratne, L. (2017). A Personalized Web Content Recommendation System for E-Learners in *E-Learning* Environment. *National Information Technology Conference (NITC), Colombo, Sri Lanka*, 89–95.
- Kamal, R. M., Mohamed, K., & Ali, D. (2017). Improvement of complementary pedagogical resources indexing based on pedagogical warehouse for recommendation system CEHL. *Proceedings - 2016 3rd International Conference on Systems of Collaboration, SysCo 2016*.
- Khater, E., Hegazy, A., & Shehab, M. E. (2016). Ontology-based adaptive examination system in *e-learning* management systems. *2015 IEEE 7th International Conference on Intelligent Computing and Information Systems, ICICIS 2015*, 243–250.
- Maedche, A., & Staab, S. (2001). Ontology Learning for Semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*, 72–79.
- Mota, D., De Carvalho, C. V., & Reis, L. P. (2015). OTILIA - An architecture for the recommendation of teaching-learning techniques supported by an ontological approach. *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE, 2015-Febru*(February).
- Rao, N. V. K., Mangathayaru, N., & Rao, M. S. (2017). Evolution and Prediction of Radical MultiDimensional *E-Learning* System with Cluster based Data Mining Techniques. *International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI), Tirunelveli, India*, 701–707.
- Sarmiento, C., Duarte, O., Barrera, M., & Soto, R. (2017). Semi-Automated academic tutor for the selection of learning paths in a curriculum: An ontology-based approach. *2016 IEEE 8th International Conference on Engineering Education: Enhancing Engineering*

Education Through Academia-Industry Collaboration, ICEED 2016, 223–228.

- Studer, R., Benjamins, V. R., & Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: Principles and methods. *Data & Knowledge Engineering*, 25(1–2), 161–197. Retrieved from <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169023X97000566>
- Swartout, B., Patil, R., Knight, K., & Russ, T. (1996). Toward Distributed Use of Large-Scale Ontologies. *Proc. of the Tenth Workshop on Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems*, 138–148.
- Uschold, M. (1996). Building Ontologies: Towards a Unified Methodology. *Technical report-university of Edinburgh artificial intelligence applications institute AIKI TR*.
- Valente, J. A., & Almeida, F. J. De. (1997). Visão Analítica da Informática na Educação no Brasil: A questão da formação do professor. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 1–28.
- Wache, H., Vögele, T., Visser, U., Stuckenschmidt, H., Schuster, G., Neumann, H., & Hübner, S. (2001). Ontology-based integration of information-a survey of existing approaches. *IJCAI Workshop: Ontologies and Information Sharing*, 108–117.
- Zielinski, A. (2015). A Case Study on the Use of Semantic Web Technologies for Learner Guidance. *Companion Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web Companion*, 1425–1430.