

# Ontologias em ambientes virtuais de aprendizagem: revisão sistemática da literatura

## **Tissiane Torres Vieira**

Mestre em Sistemas de Informação e Gestão do Conhecimento pela Fundação Mineira de Educação e Cultura (Universidade Fumec) - Belo Horizonte, MG - Brasil. Bibliotecária da Faculdades Milton Campos (FMC) - Nova Lima, MG - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/8998308827163451>

E-mail: tissiane\_vieira@yahoo.com.br

## **Luiz Cláudio Gomes Maia**

Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) - Belo Horizonte, MG - Brasil. Professor e pesquisador da Fundação Mineira de Educação e Cultura (Universidade Fumec) - Belo Horizonte, MG - Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/6502942873335887>

E-mail: luiz.maia@fumec.br

Data de submissão: 16/02/2019 .Data de aceite: 26/06/2019. Data de publicação:.

## **RESUMO**

Os ambientes virtuais de aprendizagem, representantes da sala de aula on-line, são ferramentas essenciais no gerenciamento dos cursos, nos fluxos de interação, na comunicação e na aprendizagem colaborativa das pessoas envolvidas nesse sistema. As ontologias exercem importante papel na melhoria dos sistemas de educação a distância, pois permitem a descrição semântica do conteúdo, servem de base para a construção de agentes e tornam os ambientes mais interativos. O artigo apresenta resultados da revisão sistemática da literatura que busca identificar modelos ontológicos para aplicação em recursos interativos do ambiente virtual de aprendizagem. Por meio da revisão sistemática da literatura, pesquisaram-se artigos publicados no período de 2008 a janeiro de 2018, a fim de responder à pergunta: qual é o método utilizado para aplicação de ontologias no ambiente virtual de aprendizagem que auxilia no desenvolvimento do modelo de relações ontológicas de interatividade? A princípio foram identificados 128 artigos, nos idiomas inglês e espanhol. Após a leitura dos títulos e resumos, restaram para a análise 16 artigos que respondiam à questão proposta. A pesquisa sobre o uso das ontologias nos ambientes virtuais de aprendizagem contribuiu com a geração de informação e construção de conhecimento nesse domínio. Além do mais, também contribui para o campo de pesquisas na área de educação a distância e ambientes virtuais de aprendizagem, bem como no campo de representação, recuperação e organização do conhecimento, em que a ontologia representa o conhecimento para viabilizar a interação entre pessoas e ambiente Web.

**Palavras-chave:** Ontologia. Educação a distância. Sistemas de gerenciamento de aprendizagem. Representação semântica de e-learning.

## **Ontologies in virtual learning environments: systematic review of literature**

### **ABSTRACT**

*Virtual learning environments, representatives of the online classroom, are essential tools in the management of the courses, in the flows of interaction, communication and collaborative learning of the people involved in this system. In this context, ontologies play an important role in the improvement of distance education systems, as they allow the semantic description of content, serve as the basis for the construction of agents and make the environments more interactive. The article presents the results of the systematic review of the literature that seeks to identify ontological models for application in interactive resources of the virtual learning environment. Through the systematic review of the literature, articles were searched from 2008 to January 2018, in order to answer the question: what is the method used to apply ontologies in the virtual learning environment that assists in the development of the model of ontological relationships of interactivity? At first, 128 articles were identified in English and Spanish. After reading the titles and abstracts, 16 papers that answered the research question remained for the analysis. Research on the use of ontologies in virtual learning environments has contributed to the generation of information and knowledge construction in this domain. In addition, it also contributes to the field of research in the area of distance education and virtual learning environments, as well as in the field of representation, retrieval and knowledge organization, where the ontology represents knowledge to enable interaction between people and Web environment.*

**Keywords:** *Ontology. Distance Education. Learning management systems. Semantic Representation of E-learning.*

## **Ontologías en ambientes virtuales de aprendizaje: revisión sistemática de la literatura**

### **RESUMEN**

*Los ambientes virtuales de aprendizaje son herramientas esenciales en la gestión de los cursos, en los flujos de interacción, comunicación y en el aprendizaje colaborativo de las personas involucradas en ese sistema. En este contexto, las ontologías tienen un importante papel en la mejora de los sistemas, pues permiten la descripción semántica del contenido, sirven de base para la construcción de agentes y hacen los ambientes más interactivos. El artículo presenta los resultados de la revisión sistemática de la literatura que busca identificar modelos ontológicos para aplicación en recursos interactivos del ambiente virtual de aprendizaje. Se investigó artículos comprendidos en el período de 2008 a enero de 2018, a fin de responder a la pregunta: ¿cuál es el método utilizado para la aplicación de ontologías en el ambiente virtual de aprendizaje que auxilia en el desarrollo del modelo de relaciones ontológicas de interactividad? En principio se identificaron 128 artículos, en los idiomas inglés y español. Después de la lectura de los títulos y resúmenes, quedaron para el análisis, 16 artículos que respondían a la pregunta de investigación. La investigación contribuyó con la generación de información y construcción de conocimiento en ese ámbito. Además de contribuir también al campo de investigación en el área de educación a distancia y ambientes virtuales de aprendizaje, así como en el campo de representación, recuperación y organización del conocimiento, en que la ontología, representa el conocimiento para viabilizar la interacción entre personas y ambiente web.*

**Palabras clave:** *Ontología. Educación a distancia. Sistemas de gestión de aprendizaje. Representación semántica de e-learning.*

## INTRODUÇÃO

Com o uso das tecnologias de informação e comunicação (TICs), professores e aprendizes estão mais dinâmicos e a interatividade com o sistema de ensino passa a ser fator primordial para a aprendizagem. Isso porque as tecnologias inseridas na educação, nos últimos anos, transformaram o controle do ambiente de ensino e, principalmente, a prática docente e o comportamento discente, havendo uma imposição na educação a distância (EAD) pela interação permanente, comunicação e diálogo (SILVA, 2011).

Nesse contexto, os ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs) desempenham importante papel, principalmente na modalidade totalmente on-line, pois “reúnem uma série de recursos e funcionalidades cuja utilização em atividades de aprendizagem é possibilitada e potencializada pela Internet” (FILATRO, 2008, p. 119). Seus mecanismos didático-pedagógicos (fóruns de discussão, debates, reuniões virtuais, *chats*, entre outros) foram criados para sanar a diminuição da interação face a face nesses ambientes de ensino virtual, haja vista a necessidade de o professor e os alunos se expressarem por escrito, tanto envolvendo a resolução de dúvidas quanto à realização de atividades propostas (SILVA; SHITSUKA; PASCHOAL, 2015, p. 2).

Observa-se também que há uma “necessidade crescente de organização semântica no AVA”, pois nesse ambiente é gerada grande massa de informações que dificultam o acesso e a interatividade nos recursos de aprendizagem (BRAGLIA, 2014, p.122). Por isso, as ontologias se destacam e exercem relevante papel em AVA, pois podem servir de base para tornar esses ambientes mais interativos ao possibilitar a descrição semântica do conteúdo (STOJANOVIC; STAAB; STUDER, 2001) e tornar seus recursos evidentes. Segundo Müller (2011, p. 48), as ontologias são “fundamentais para a normalização de conceitos e as relações estabelecidas entre eles”.

Uma ontologia pode definir um vocabulário comum ao AVA, incluindo “definições interpretativas por máquina de conceitos básicos no domínio e relações entre eles” (NOY; MCGUINNESS, 2001, p. 1). É uma forma de representação de conhecimento sobre o domínio do AVA ou parte dele. Segundo Gruber (2008), as ontologias podem ser utilizadas para realizar dedução sobre os objetos desse domínio, seus conceitos e seus relacionamentos, e representam classes, atributos e relações entre membros da classe.

Logo, é necessário que os elementos e recursos de interatividade nos AVAs sejam anotados com informações semânticas por meio de ontologias que irão identificar esses elementos, os recursos e os relacionamentos semânticos entre eles. O ideal é que suas ferramentas de interatividade devam ser efetivamente percebidas e manipuladas para que se cumpra o desenvolvimento das atividades educativas e a realização do ensino-aprendizagem. Para isso, a presente pesquisa realizou a revisão sistemática da literatura (RSL), a fim de identificar modelos ontológicos para aplicação em recursos interativos do ambiente virtual de aprendizagem.

## EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

A educação a distância vincula-se ao avanço do sistema de ensino, que não exige mais a totalidade da presença física para comprovar a qualidade no processo de ensino-aprendizagem, rompendo com limites tradicionais que pressupunham aulas virtuais com encontros síncronos<sup>1</sup>. Assim, a “presença física cede, cada vez mais, lugar a uma forma de interação em ambientes virtuais de aprendizagem (AVA), desenvolvidos na internet” (SILVA; SHITSUKA; PASCHOAL, 2015, p. 12).

<sup>1</sup> Síncrono: que se realiza ao mesmo tempo que outro. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/sincrono>>

A tecnologia que dá suporte aos AVAs possibilita a aproximação homem-máquina. Em outras palavras, mesmo em espaços distantes e distintos, os usuários dos AVAs precisam se sentir como se estivessem unidos fisicamente, trabalhando e compartilhando experiências significativas de maneira colaborativa. Essa característica é fundamental para ocorrer interatividade do curso e a aproximação entre usuários, evitando a desmotivação ou evasão nos cursos a distância (SILVA, 2011).

O principal objetivo do AVA é ser um espaço de construção do conhecimento por meio do desenvolvimento de atividades educativas, mediadas pelo uso de TICs, valorizando a interação e o trabalho colaborativo (MARTINS; TIZIOTTO; CAZARINI, 2016, p. 115). Possuem recursos como textos, imagens, podcasts, vídeos, etc., e suas ferramentas de interatividade são: chats, wikis, e-mails, listas abertas de mensagens, questionários, fóruns, conferências, blogs, portfólios, quizzes, etc. A interatividade é um dos princípios centrais da produção docente e da colaboração discente, e o AVA apresenta interfaces e ferramentas decisivas para a construção dessa interatividade e do diálogo no ensino-aprendizagem (BIEGING; BUSARELLO, 2014, p. 151).

Além disso, a interatividade, hipertextualidade e conectividade são suas características fundamentais, e “a flexibilidade da navegação e as formas síncronas e assíncronas<sup>2</sup> de comunicação oferecem aos estudantes a oportunidade de definir seus próprios caminhos de acesso às informações” (SILVA, 2011, p. 3), pois podem garantir aprendizagens personalizadas e afastar modelos massivos<sup>3</sup> de ensino.

<sup>2</sup> Assíncrono: que não se realiza ao mesmo tempo que outro. Disponível em: <<https://dicionariodoaurelio.com/assincrono>>

<sup>3</sup> Os modelos massivos de ensino proporcionam acesso a seu conteúdo na Web para grande número de alunos de diversas partes do mundo, sem barreiras de idade, sexo, escolaridade ou condição social.

A interação “diz respeito ao comportamento das pessoas em relação a outras pessoas e aos sistemas. Ela está ligada à ação recíproca pela qual indivíduos e objetos se influenciam mutuamente”. Já a interatividade, por sua vez, é um pré-requisito para a interação, pois descreve a capacidade ou o potencial de um sistema de propiciar interação (FILATRO, 2008, p. 107). Em outras palavras, a interatividade significa a “possibilidade para o usuário de interagir com o produto (ou de fazer o produto interagir com suas necessidades, interesses, vontade, decisões)” (BRAGA, 1999, p. 141).

Nessa dinâmica da EAD, os AVAs são ferramentas essenciais no gerenciamento dos cursos, nos fluxos de interação e comunicação e na aprendizagem colaborativa das pessoas envolvidas (SILVA, 2011, p. 3).

## ONTOLOGIAS EM AMBIENTES VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

A representação dos dados por meio das ontologias traz benefícios ao desenvolvimento de aplicações para EAD, sendo fundamental para a normalização de conceitos e as relações semânticas estabelecidas entre eles. Na conversão da linguagem natural para a linguagem artificial, as ontologias garantem consistência na terminologia e no estabelecimento de inferências (SALES; SAYÃO, 2012).

Uma ontologia “define os termos básicos e as relações que compõem o vocabulário de uma área temática, bem como as regras para combinar termos e relações para definir extensões ao vocabulário” (NECHES *et al.*, 1991, p. 40). Ou seja, “define formalmente as relações entre termos e conceitos” (SOUZA; ALVARENGA, 2004, p. 6) e dá significado à informação por meio das relações entre os seus elementos (LUZ, 2015, p. 25).

Os componentes básicos de uma ontologia são as classes e subclasses, que são conjunto de elementos, “coisas”, conceitos estruturados em uma taxonomia; as relações, que expressam interações entre conceitos de um domínio; as propriedades ou atributos, que correspondem a descrições adicionais ligadas à estrutura hierárquica; os axiomas, que modelam sentenças verdadeiras; e as instâncias, que representam os próprios dados, ou seja, os elementos específicos ou individuais do domínio (GRUBER, 1993; MÜLLER, 2011; RAMALHO, 2010).

A descrição semântica e hierárquica nos AVAs delineada na ontologia pode servir de orientação para agentes inteligentes que são capazes de compreender os relacionamentos entre entidades – alunos/atividades e professor/atividades, por exemplo – e fazer as inferências necessárias (MÜLLER, 2011, p. 50), dando a possibilidade de saber como essa interação ocorre e de que forma ela pode ser aproveitada.

Assim, a ontologia pode influenciar a interatividade do usuário, pois se torna um meio de comunicação entre usuário e sistema (MOREIRA, 2002). E suas estruturas com anotação semântica descrevem formalmente os conceitos do domínio, de forma clara e precisa, formalizando-os de modo a serem tratados por computadores (MÜLLER, 2011).

Diante de tantos desafios de interação entre os participantes da EAD (ANTUNES; BATISTA, 2016; LUZ, 2015), a ontologia pode ser utilizada para representar o conjunto de elementos interativos no domínio dos AVAs, permitindo “a instauração de sentido, mas o sentido atualizado de acordo com o contexto do leitor, minimizando a polissemia para quem busca determinado assunto” (PICKLER, 2007, p. 67).

Logo, o conteúdo educacional dos AVAs pode ser definido de maneira estruturada, dando mais possibilidade na sua compreensão e facilidade no processo de ensino e aprendizado (BORGES, 2010).

## MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi embasada por Kitchenham (2004), por meio da revisão sistemática da literatura (RSL), que se divide em três etapas: planejamento da revisão, condução da revisão e análise dos resultados.

### PLANEJAMENTO DA REVISÃO

A análise do cenário sobre a aplicação das ontologias no AVA justificou-se para documentar o posicionamento geral das pesquisas sobre o assunto, uma vez que o ensino a distância tem crescido bastante e a oferta de cursos que utilizam os ambientes virtuais de aprendizagem é muito extensa. Os estudos sobre a aplicação de ontologia no AVA podem contribuir com informações sobre organização semântica desse ambiente de ensino.

A pesquisa realizou-se nas bases Doaj, Scopus e Science Direct Journals do portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, 2018). As palavras-chave da busca sistemática, chamadas *strings* de busca, foram: ontolog\* AND ((virtual learning environment) OR (learning management systems) OR e-learning OR Moodle OR ATutor OR EdX).

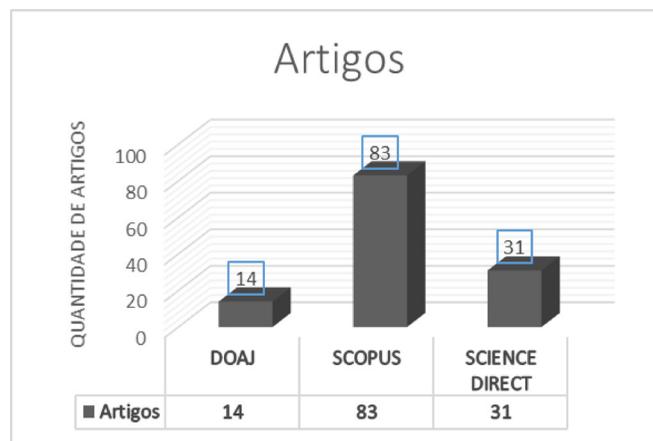
A RSL propôs identificar modelos ontológicos para aplicação em recursos interativos do ambiente virtual de aprendizagem, para responder à questão: qual é o método utilizado para aplicação de ontologias no ambiente virtual de aprendizagem que auxilia no desenvolvimento do modelo de relações ontológicas de interatividade? E para complementar essa questão, outras também foram buscadas:

- 1) Que tipo de ontologias foram utilizadas na aplicação em AVA?
- 2) Quais métodos ou modelos para aplicação de ontologias em AVA foram citados?
- 3) Quais ferramentas para construção de ontologias foram citadas?
- 4) Com quais finalidades as ontologias foram aplicadas no AVA?

### CONDUÇÃO DA REVISÃO

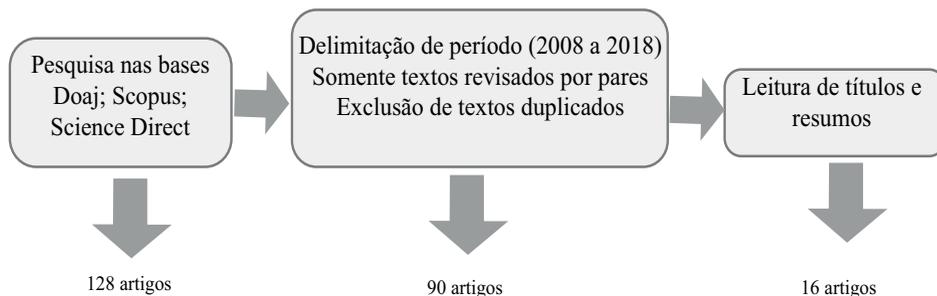
A princípio, foram encontrados 128 artigos, nos idiomas inglês e espanhol, sem considerar a apresentação de textos completos. Após delimitar o período do ano de 2008 a janeiro de 2018 (dez anos), escolher textos revisados por pares e excluir textos duplicados, restaram para análise 90 referências. Expõem-se os dados antes de excluir textos duplicados no gráfico 1:

Gráfico 1 – Quantidade de artigos nas bases pesquisadas



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 1 – Esquema de seleção dos estudos da revisão sistemática de literatura



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para seleção dos estudos, a partir das 90 referências, foram lidos os títulos e resumos dos textos para a primeira seleção. Após a leitura, selecionaram-se 16 textos com informações que respondiam à principal pergunta de pesquisa. A seguir, apresentam-se os artigos selecionados em seus respectivos títulos de periódicos no quadro 1.

Quadro 1 – Os 16 estudos selecionados para a RSL

Ano	Autores	Título do Artigo	Periódicos
2009	Gladun et al.	An application of intelligent techniques and semantic web technologies in e-learning environments.	Expert Systems with Applications
2009	Cubric e Tripathi	A semantic web framework for generating collaborative e-learning environments.	International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)
2009	Heiyanthuduwege e Karunaratna	An iterative and incremental approach for e-learning ontology engineering.	International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET),
2010	Colace e De Santo	Ontology for e-learning: a Bayesian approach.	IEEE Transactions On Education
2011	Acampora, Gaeta e Loia	Combining multi-agent paradigma and memetic computing for personalized and adaptive learning experiences.	Computational Intelligence
2011	Cuéllar, Delgado e Pegalajar	A common framework for information sharing in e-learning management systems.	Expert Systems with Applications
2011	Montenegro-Marin et al.	Towards an ontology to describe the taxonomy of common modules in learning management systems.	International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence
2011	Jia et al.	Design of a performance-oriented workplace e-learning system using ontology.	Expert Systems with Applications
2013	Meenorngwar	A methodology to develop ontologies for emerging domains.	The IAFOR Journal of Education
2013	Gaeta et al.	An approach to personalized e-learning.	Systemics, Cybernetics And Informatics
2013	Nganji, Brayshaw e Tompssett	Ontology-driven disability-aware e-learning personalisation with ONTODAPS.	Campus-Wide Information Systems
2015	Muñoz et al.	OntoSakai: On the optimization of a Learning Management System using semantics and user profiling.	Expert Systems with Applications
2015	Bajenaru, Borozan e Smeureanu	Using Ontologies for the E-learning System in Healthcare Human Resources Management.	Informatica Economică
2016	Rani, Srivastava e Vyas	An Ontological Learning Management System.	Computer Applications in Engineering Education
2017	Cerón-Figueroa et al.	Instance-based ontology matching for elearning material using an associative pattern classifier.	Computers in Human Behavior
2017	Ouf et al.	A proposed paradigma for smart learning environment base on Semantic Web.	Computers in Human Behavior

Fonte: Elaborado pelos autores.

Gráfico 2 – Distribuição das 16 publicações por ano



Fonte: Elaborado pelos autores.

Os trabalhos relacionados nesse campo estão focados principalmente no desenvolvimento de ontologias de domínio (GLADUN *et al.*, 2009; COLACE; DE SANTO, 2010; MEENORNGWAR, 2013), no desenvolvimento de ontologias para recursos e/ou objetos de aprendizagem (NGANJI; BRAYSHAW; TOMPSETT, 2013; CERÓN-FIGUEROA *et al.*, 2017), no desenvolvimento de ontologias para sistemas de aprendizagem personalizados (ACAMPORA, GAETA, LOIA, 2011; JIA *et al.*, 2011; GAETA *et al.*, 2013; NGANJI; BRAYSHAW; TOMPSETT, 2013; BAJENARU; BOROZAN; SMEUREANU, 2015; RANI; SRIVASTAVA; VYAS, 2016), para representação semântica do ambiente virtual de aprendizagem (GLADUN *et al.*, 2009; HEIYANTHUDUWAGE; KARUNARATNA, 2009; COLACE; DE SANTO, 2010; CUÉLLAR; DELGADO; PEGALAJAR, 2011; MEENORNGWAR, 2013; MONTENEGRO-MARIN *et al.*, 2011; MUÑOZ *et al.*, 2015; OUF *et al.*, 2017), para gerar ambientes de aprendizagem colaborativos (CUBRIC; TRIPATHI, 2009), entre outros.

A análise dos resultados encontra-se a seguir, na seção de resultados e discussão.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se que os estudos relacionados nas bases foram mais frequentes em 2011 com quatro publicações. A partir de 2013, a quantidade de estudos reduziu (gráfico 2).

Segundo os autores dessas pesquisas, estudos que aplicam ontologias em ambientes virtuais de aprendizagem já são comuns (BAJENARU; BOROZAN; SMEUREANU, 2015) e a ontologia de domínio é o tipo mais descrito nos trabalhos. Como dito anteriormente, as ontologias de domínio descrevem um vocabulário relacionado a um domínio genérico de determinada realidade, apresentando uma hierarquia de conceitos relacionados (GUARINO, 1998).

As metodologias ou ferramentas para construção de ontologias citadas nos textos foram listadas no quadro 2:

Quadro 2 – Método ou ferramenta para construção de ontologias

Método / Ferramenta	Descrição	Citado no Texto
IWT (Intelligent Web Teacher) Ontology Editor	Ferramenta criada pelos autores Gaeta et al. (2013) para a criação de ontologia baseada nas preferências dos alunos. Usada para a definição da ontologia de referência do e-Learning de um curso.	Gaeta et al. (2013)
Methontology	Método desenvolvido pelos pesquisadores Fernandez, Gomez-Perez e Juristo (1997) e baseia-se nos processos: especificação, conceitualização, formalização, implementação e manutenção.	Muñoz et al. (2015)
Metodologia IDEF5 - Integrated DEFinition Methods	A metodologia exige três etapas: catalogar termos, capturar as restrições desses termos e construir um modelo, que era construído pelo aluno.	Gladun et al. (2009)
Metodologia Liverpool Metadata (LiMe)	A metodologia LiMe fornece descritores ou conceitos representados a partir de trabalhos de pesquisa, com a finalidade de compartilhar e reutilizar conhecimento, apresentando a especificação de conhecimento do ambiente de domínio.	Meenorngwar (2013)
Ontology Development 101	A metodologia criada por Noy e McGuinness (2001) possui sete passos para construção de ontologias.	Montenegro-Marin et al (2011)
on-to-knowlegde (OTKM)	Desenvolvido por Sure, Staab e Studer (2004) e tem como foco o gerenciamento de conhecimento baseados em ontologias.	Gladun et al. (2009)
Protégé	Ferramenta que permite construir ontologias de domínio e bases de conhecimento. Desenvolvida pela Stanford University School of Medicine e tem o código aberto.	Ouf et al. (2017); Montenegro-Marin et al (2011); Cuéllar, Delgado e Pegalajar (2011); Nganji, Brayshaw e Tompsett, (2013); Bajenaru, Borozan e Smeureanu (2015); Jia et al. (2011); Heiyanthuduwage e Karunaratna (2009)
Redes Bayesianas	Modela o conhecimento sob condições de incerteza dentro de sistemas especialistas – baseiam-se em “nós” e “arcos” para representação do conhecimento. Os “nós” modelam os sujeitos e os arcos representam as relações entre os sujeitos.	Colace e De Santo (2010)
Text2ONTO	Ferramenta de extração de ontologia de código aberto.	Cubric e Tripathi (2009)

Fonte: Elaborado pelos autores.

As metodologias para desenvolvimento de ontologias são muitas, nenhuma delas pode ser considerada padrão e diferentes grupos de metodologias com essa finalidade podem ser encontrados (GLADUN *et al.*, 2009). Por isso, citar todos os métodos existentes não foi o foco deste artigo, mas sim aqueles encontrados na RSL.

O tópico seguinte reúne a síntese dos dados das pesquisas dos autores selecionados na RSL.

### SÍNTESE DOS DADOS

Os pesquisadores dos estudos procuraram um jeito de melhorar a experiência do usuário nos sistemas de aprendizagem e tornar seus conceitos compreensíveis por máquina com base em ontologias (GAETA *et al.*, 2013), a fim de que os AVAs permitissem o compartilhamento de documentos, fóruns, mídia, portfólios, mensagens, etc., e evoluíssem para proporcionar ampla interação entre alunos e professores por meio de ferramentas que facilitam o aprendizado (CUÉLLAR; DELGADO; PEGALAJAR, 2011).

Gladun *et al.* (2009) propuseram um sistema de e-learning baseado em multiagentes que controlavam automaticamente o conhecimento adquirido pelos alunos, que construíam suas próprias ontologias relacionadas à disciplina e, em seguida, a ontologia do aluno era comparada com a ontologia de referência criada pelo tutor. Nesse sentido, a informação do domínio abstrato do curso e os principais termos e conceitos eram descritos pelo tutor. A finalidade foi fornecer feedback ao aluno de modo automático, enviando notificações e sugestões de materiais conforme a dificuldade percebida. Assim, a ontologia de domínio era um instrumento de aprendizagem e também um meio para testar e ensinar os alunos.

Foi sugerido por Cubric e Tripathi (2009) um framework para gerar ambientes de e-learning com conteúdo de aprendizado personalizado e recursos de avaliação eletrônica. A “estrutura” foi projetada para ajudar os alunos a explorar, conceituar e ampliar domínios de conhecimento selecionados em grupo ou individualmente.

Para os autores, a novidade da pesquisa estava na geração de avaliações eletrônicas baseadas em ontologia de domínio e os modelos de perguntas predefinidas e fundamentadas na Taxonomia de Bloom<sup>4</sup>. A “comunidade de aprendizagem” registrada podia adicionar ou modificar o conteúdo da ontologia conforme uma área específica do conhecimento. Assim, o framework era utilizado para geração rápida de ambiente de e-learning para uma área específica.

Uma estrutura de engenharia ontológica para desenvolver ontologias no domínio e-learning foi adotada por Heiyanthuduwege e Karunaratna (2009). A metodologia consistiu em cinco etapas principais: planejamento; coleta de conceitos e conceitualização de ontologias; projeto de ontologia; construção de ontologia; e uso e evolução da ontologia. Cada etapa consistia em um conjunto de atividades e técnicas relevantes a serem realizadas, a fim de modelar a ontologia em um diagrama de classes e organizar os conceitos utilizando-se um mapa conceitual.

As redes bayesianas foram descritas por Colace e De Santo (2010) para mapear e representar ontologias no campo do e-learning. Essa abordagem “baseou-se em grafos que codificaram a distribuição de probabilidade conjunta de um conjunto de variáveis aleatórias” (COLACE; DE SANTO, 2010, p. 225). O objetivo da pesquisa foi a introdução de um algoritmo capaz de inferir relações introdutórias entre sujeitos pertencentes ao domínio do conhecimento (o curso) dos currículos universitários.

Acampora, Gaeta e Loia (2011) propuseram um sistema de e-learning baseado em um conjunto de modelos (modelo de domínio, modelo de aluno e modelo de atividade de aprendizagem) os quais representam as entidades principais envolvidas no processo ensino/aprendizagem.

<sup>4</sup> Taxonomia de Bloom é um instrumento de apoio didático-pedagógico para auxiliar na definição de objetivos instrucionais e na escolha de instrumentos de avaliação (FERRAZ; BELHOT, 2010).

Os modelos e processos ontológicos foram adaptados para atender às expectativas do aluno e definir experiências personalizadas de e-learning. Os autores reuniram diferentes metodologias e técnicas para alcançar os objetivos da pesquisa, que são metodologias ontológicas; técnicas de modelagem de usuários; algoritmos de grafos.

Ontologia de módulos comuns para cinco sistemas de gerenciamento de aprendizagem, cujos padrões eram diferentes, mas tinham os módulos principais semelhantes, foi utilizada por Montenegro-Marin *et al.* (2011). Eles analisaram os ambientes virtuais de aprendizagem: Sakai, Moodle, Atutor, Claroline, DotRLSn, e perceberam que havia forte incompatibilidade, devido à falta de unificação na nomeação e composição dos módulos e submódulos que integravam as diversas plataformas de aprendizagem.

Jia *et al.* (2011) escolheram um sistema de e-learning aplicado no local de trabalho, o qual usava ontologia para conceituar o ambiente de aprendizagem orientado para o desempenho e definir o treinamento considerando as necessidades da organização e dos indivíduos. A ontologia construída baseou-se nos indicadores-chave de desempenho (KPIs - Key performance indicators) para a representação formal e compreensível por máquina, a fim de dar suporte a essas necessidades organizacionais e individuais no ambiente de aprendizagem organizacional. O sistema possuía três interfaces: a interface do aprendiz; a interface do especialista; e a interface do gerente.

Foi desenvolvida por Cuéllar, Delgado e Pegalajar (2011) uma ontologia para ambientes de e-learning, a fim de fazer a correspondência entre as classes e propriedades da ontologia e bancos de dados relacionais desses sistemas na internet e de obter uma estrutura comum para compartilhamento de dados entre diferentes sistemas de *e-learning*. A abordagem desenvolvida foi semiautomática, pois uma parte era feita pelo especialista, que associava as classes e propriedades da ontologia, e a outra parte era um procedimento automático aplicado para mapear os dados dos bancos de dados dos sistemas.

Além disso, para atingir padronização, a ontologia construída foi baseada em Friend of a Friend (FOAF)<sup>5</sup> e na linguagem Resource Description Framework (RDF)<sup>6</sup>.

A metodologia “Liverpool Metadata” (LiMe) foi empregada por Meenorngwar (2013) para desenvolver ontologia e organizar o conhecimento necessário para o desenvolvimento das descrições do ambiente de domínios emergentes. O e-learning foi escolhido como um domínio emergente, e as características dos conceitos foram extraídas a partir de artigos em sites de revistas conceituadas, em que o corpo de conhecimento poderia ser considerado confiável. O LiMe foi implementado para capturar informações relevantes do domínio e transferir as informações e dados para uma representação do conhecimento em um sistema de computador.

Gaeta *et al.* (2013) desenvolveram o Intelligent Web Teacher (IWT), uma plataforma de e-learning que permitia a definição e a execução de aprendizagem personalizada. As estruturas semânticas, representadas pelas ontologias, permitiam a definição do domínio educacional particular e forneciam as modalidades de aprendizagem na plataforma. Os autores apresentaram o “modelo de aprendizagem”, que se subdividia em: “modelo de conhecimento”, que representava o domínio educacional, cujos termos representavam assuntos relevantes do conhecimento; e “modelo de aprendiz”, que segundo os autores descrevia o ator principal do processo de e-learning - o aluno e suas preferências.

O Ontodaps é um sistema de e-learning personalizado orientado por ontologia e sensível às deficiências. Possuía um mecanismo de adaptação às necessidades dos estudantes com deficiência, com base em suas preferências.

<sup>5</sup> Friend of a Friend (FOAF) é um vocabulário usado para descrever pessoas e suas relações (CUÉLLAR; DELGADO; PEGALAJAR, 2011).

<sup>6</sup> Resource Description Framework (RDF) – linguagem interpretada por programas de computador para especificar metadados que descrevem recursos da World Wide Web (www) (CERÓN-FIGUEROA *et al.*, 2017).

A ontologia foi usada para anotar os recursos de aprendizagem e representar o conhecimento do domínio (NGANJI; BRAYSHAW; TOMPSETT, 2013).

Muñoz *et al.* (2015) criaram serviços de recomendação em sistemas de gerenciamento de aprendizagem (LMS - Learning Management Systems) por meio de sistema inteligente semântico. O modelo de ontologia, chamado OntoSakai, consistia em quatro ontologias em diferentes áreas do processo de aprendizagem: competências, perfis de usuários, ferramentas de aprendizagem e classificação semântica dos elementos do LMS. Com a representação semântica e o processo de inferência baseados nas regras de ontologias, o sistema recomendava serviços personalizados com base nas atividades registradas pelos alunos, levando-se em consideração as ferramentas utilizadas no AVA, como tipos de recursos acessados, número de acessos ou contribuições colaborativas.

Com o intuito de estruturar o conteúdo educacional no domínio de recursos humanos em saúde, Bajenaru, Borozan e Smeureanu (2015) desenvolveram um modelo de uso de ontologia em sistemas de e-learning, a fim de oferecer um sistema de aprendizagem personalizado usando ontologia de domínio, objetos de aprendizagem e modelagem do conhecimento do aluno. Segundo os autores, o desenvolvimento de um sistema baseado em ontologias para gerenciamento de competências permitia interações e estratégias educacionais avançadas.

Foi desenvolvido um sistema “m-learning”<sup>7</sup>, por Rani, Srivastava e Vyas (2016), que apresentava como elementos principais: professores, alunos, ambiente de aprendizagem, conteúdo e avaliação.

Esse sistema de gestão de aprendizado baseava-se no modelo Visual, auditive, reading e kinesthetic (VARK)<sup>8</sup> e usava a ontologia para fornecer recursos apropriados aos alunos com base em seu estilo de aprendizagem. O modelo VARK faz a personalização dos dados junto com a ontologia de domínio e tarefa e, por isso, o sistema é de recomendar recursos apropriados ao aprendiz.

Modelo aplicado em metadados para objetos de aprendizagem (LOM - Learning Object Metadata) para encontrar semelhanças entre duas ontologias foi indicado por Cerón-Figueroa *et al.* (2017). Esse método utiliza um algoritmo de classificação de padrões e quatro características baseadas em uma função de similaridade para treinar um classificador de padrões, encontrando assim relações entre pares de instâncias.

Ouf *et al.* (2017) propuseram e implementaram um modelo para o ambiente de e-learning incluindo quatro ontologias: ontologia do modelo do aluno; ontologia do objeto de aprendizagem; ontologia das atividades de aprendizagem; e ontologia dos métodos de ensino. A proposta personalizava o AVA e fornecia aos alunos as atividades de aprendizagem, os métodos de ensino e objetos de aprendizagem conforme suas preferências. O modelo é composto por quatro camadas: “camada de interface”; “camada de mecanismo de raciocínio semântico”; “camada semântica”; e camada de metadados semânticos.

## TRABALHOS RELACIONADOS

Valaski, Malucelli e Reinehr (2012) realizaram a revisão sistemática de literatura a partir de 2005 para explorar a aplicação de ontologias no processo de aprendizagem. Eles observaram que, embora a pesquisa em ontologias tenha ampla importância na comunidade acadêmica, foi encontrado um número muito pequeno de pesquisas que aplicavam ontologias na aprendizagem organizacional.

<sup>7</sup> *M-learning* significa de *mobile learning* que pode ser definido como sistemas de aprendizagem móvel.

<sup>8</sup> VARK é a sigla para as palavras: *visual, auditive, reading e kinesthetic*. O Estilo VARK Learning é o estilo de aprendizagem mais simples e não envolve nenhuma habilidade e inteligência do aluno (RANI, SRIVASTAVA; VYAS, 2016).

Foi assim que os autores apresentaram estudos relacionados à aplicação de ontologias nesse domínio de conhecimento.

Kurilovas e Juskeviciene (2014) apresentaram resultados da revisão sistemática da literatura sobre ferramentas de desenvolvimento de ontologia estabelecendo interconexões entre estilos de aprendizagem, atividades de aprendizado e ferramentas da Web 2.0. Os autores definiram os conceitos e os relacionamentos entre conceitos usando a ferramenta Protégé para auxiliar os alunos na busca por atividades de aprendizado no ambiente virtual de aprendizagem usando mecanismos de pesquisa semântica. Eles constataram que a ontologia criada forneceu interconexões claras entre as ferramentas da Web 2.0 e as atividades de aprendizado.

Al-Yahya, George, R. e Alfaires (2015) constataram que desde 2004 as ontologias são discutidas no contexto do e-learning e observaram que elas são vitais no desenvolvimento desses sistemas de aprendizagem. Para revisar a literatura da área de ontologias em relação aos sistemas de e-learning, os autores utilizaram a seguinte classificação: modelagem e gestão de currículos; descrição de domínios de aprendizado; descrição de dados do aluno e descrição de serviços de e-learning. Para os autores, o futuro do conteúdo de e-learning baseia-se na concepção de conteúdos de aprendizagem acessíveis, impulsionados por novas ferramentas e tecnologias.

Tarus (2018) apresentou a revisão de literatura com base em artigos de periódicos publicados no período de 2005 a 2014, a fim de tratar do uso da ontologia para representar o conhecimento de sistemas de recomendação para o e-learning. O estudo do autor mostrou que a ontologia é uma ferramenta útil para melhorar a qualidade das recomendações nesses sistemas e tem vantagens em relação ao processo de recomendação convencional.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos textos apresentados na pesquisa identificou acentuada preocupação dos pesquisadores com a interação estudante/conteúdo e estudante/ambiente virtual de aprendizagem. Por isso, a maioria dos artigos enfatiza a personalização da aprendizagem com base no uso da ontologia.

Além disso, os pesquisadores falaram sobre o reuso e compartilhamento das ontologias propostas em seus trabalhos, mas percebeu-se que os trabalhos são individuais, e são raros autores que utilizam trabalhos entre si. Poucas publicações citam bases e repositórios de ontologias, mas não indicam onde as ontologias resultantes de seus trabalhos estão depositadas ou o tipo de aquisição para reuso.

O objetivo de identificar modelos ontológicos para aplicação em recursos interativos do AVA por meio da revisão sistemática de literatura propiciou o encontro de textos que utilizam a ontologia nesses sistemas de ensino e mostrou alternativas distintas de métodos, modelos e aplicações.

Portanto, ao proporcionar estudos envolvendo as ontologias nos AVAs, a pesquisa colabora com dados sobre seu uso para facilitar a interatividade nesses sistemas, potencializando a geração de informação e construção de conhecimento. Além do mais, também contribui para o campo de pesquisas na área de educação a distância e ambientes virtuais de aprendizagem, bem como no campo de representação, recuperação e organização do conhecimento, em que a ontologia, inserida nos campos da ciência da computação e ciência da informação, representa o conhecimento para viabilizar a interação entre pessoas e ambiente Web.

## REFERÊNCIAS

- ACAMPORA, G.; GAETA, M.; LOIA, V. Combining multi-agent paradigm and memetic computing for personalized and adaptive learning experiences. *Computational Intelligence*, v. 27, n. 2, 2011.
- AL-YAHYA, M.; GEORGE, R.; ALFAIRES, A. Ontologies in E-Learning: review of the literature. *International Journal of Software Engineering and Its Applications*, v. 9, n. 2, p. 67-84, 2015. Disponível em: [http://www.sersc.org/journals/IJSEIA/vol9\\_no2\\_2015/7.pdf](http://www.sersc.org/journals/IJSEIA/vol9_no2_2015/7.pdf). Acesso em: 10 fev. 2018.
- ANTUNES, J.T.; BATISTA, P.V.C. A (EAD) e os desafios de interação entre os seus participantes. *Revista Multitexto*, v. 4, n. 2, p. 37-42, jul./ dez. 2016. Disponível em: <http://www.ead.unimontes.br/multitexto/index.php/rmcead/article/view/187>. Acesso em: 20 ago. 2017.
- ATUTOR [Plataforma LMS]. [S.l.], 2019. Disponível em: <http://www.atutor.ca/>. Acesso em: 27 mar. 2018.
- BAJENARU, L.; BOROZAN, A. M.; SMEUREANU, I. Using Ontologies for the E-learning System in Healthcare Human Resources Management. *Informatica Economica*, v. 19, n. 2, 2015.
- BIEGING, P.; BUSARELLO, R. I. (org.). *Interatividade nas TICs: abordagens sobre mídias digitais e aprendizagem*. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. 253 p. Disponível em: <http://www.pimentacultural.com/interatividade-nas-tics>. Acesso em: 23 nov. 2016.
- BORGES, V.A. *Uma contribuição à modelagem e à geração automática de conteúdos educacionais*. 2010. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/>. Acesso em: 10 jan. 2018.
- BRAGA, J.L. Meios de comunicação e linguagens: a questão educacional e a interatividade. *Linhas Críticas*, Brasília, v. 5, n. 9, jul./dez., 1999. Disponível em: <http://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/6717/0>. Acesso em: 16 maio 2018.
- BRAGLIA, I.A. *Um modelo baseado em ontologia e extração de informação como suporte ao design instrucional na geração de mídias do conhecimento*. 2014. 245 f. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014. Disponível em: <http://btd.egc.ufsc.br/wp-content/uploads/2015/04/Israel-Braglia.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR (CAPES). *Portal de Periódicos*. Brasília: CAPES, 2018. Disponível em: <http://www.periodicos.capes.gov.br/>. Acesso em: mar. 2018.
- CERÓN-FIGUEROA, S. *et al.* Instance-based ontology matching for elearning material using an associative pattern classifier. *Computers in Human Behavior*, v. 69, p. 218-225, 2017. DOI:10.1016/j.chb.2016.12.0392017.
- COLACE, F.; DE SANTO, M. Ontology for e-learning: a Bayesian approach. *IEEE Transactions On Education*, v. 53, n. 2, p. 223-233, 2010.
- CUBRIC, M.; TRIPATHI, V. A semantic web framework for generating collaborative e-learning environments. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, v. 4, n. 3, p. 4-7, 2009. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/j/I-JET/v4/n/3/>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- CUÉLLAR, M.P.; DELGADO, M.; PEGALAJAR, M.C. A common framework for information sharing in e-learning management systems. *Expert Systems with Applications*, v. 38, p. 2260-2270, 2011.
- EDX. *EdX*. [Plataforma LMS]. [S.l.], 2018. Disponível em: <https://www.edx.org/>. Acesso em: 27 mar. 2018.
- FERNANDEZ, M.; GOMEZ-PEREZ, A.; JURISTO, N. *Methontology: from ontological art towards ontological engineering*. [S.l.s.n.], 1997. Disponível em: [http://oa.upm.es/484/1/METHONTOLOGY\\_.pdf](http://oa.upm.es/484/1/METHONTOLOGY_.pdf). Acesso em: 20 mar. 2018.
- FERRAZ, A.P.C.M.; BELHOT, R.V. Taxonomia de Bloom: revisão teórica e apresentação das adequações do instrumento para definição de objetivos instrucionais. *Gestão da Produção*, São Carlos, v. 17, n. 2, p. 421-431, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/gp/v17n2/a15v17n2>. Acesso em: 10 maio 2018.
- FILATRO, A. *Design instrucional na prática*. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2008.
- GAETA, M. *et al.* An approach to personalized e-learning. *Systemics, Cybernetics And Informatics*, v. 11, n. 1, 2013.
- GLADUN, A. *et al.* An application of intelligent techniques and semantic web technologies in e-learning environments. *Expert Systems with Applications*, v. 36, p. 1922-1931, 2009.
- GRUBER, T.R. A translation approach to portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993. Disponível em: <http://tomgruber.org/writing/ontolingua-kaj-1993.htm>. Acesso em: 20 dez. 2016.
- GRUBER, T.R. Ontology. In: LIU, L.; ÖZSU, T.M. (eds.). *Encyclopedia of Database Systems*. [S.l.]: Springer-Verlag, 2008. Disponível em: <http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>. Acesso em: 20 dez. 2016.
- GUARINO, N (ed.). *Formal ontology in information systems: Proceedings of FOIS'98*, Trento, Italy, 6-8, June. [S.l.]: IOS Press, 1998.
- HEIYANTHUDUWAGE, S.R.; KARUNARATNA, D.D. An iterative and incremental approach for e-learning ontology engineering. 2009. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, v. 4, n. 1, p. 40-46, 2009. Disponível em: <https://www.learntechlib.org/j/I-JET/v4/n/1/>. Acesso em: 20 mar. 2018.
- JIA, H. *et al.* Design of a performance-oriented workplace e-learning system using ontology. *Expert Systems with Applications*, v. 38, p. 3372-3382, 2011.

- KITCHENHAM, B. *Procedures for performing systematic reviews*. Australia: Keele University Technical Report - Joint Technical Report, 2004. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~aldo.vw/kitchenham.pdf>. Acesso em: 18 dez. 2017.
- KURILOVAS, E.; JUSKEVICIENE, A. Creation of Web 2.0 tools ontology to improve learning. *Computers in Human Behavior*, v.51, p. 1380-1386, 2015. Disponível em <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.10.026>. Acesso em 10 jan. 2018.
- LUZ, B.N. *Objetos de aprendizagem interativos: conceito, ontologia e uso*. 2015. 71 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Faculdade Campo Limpo Paulista, Campo Limpo Paulista, 2015. Disponível em: <http://www.cc.faccamp.br/Dissertacoes/BrunoNogueiraLuz.pdf>. Acesso em: 30 nov. 2016.
- MARTINS, D.O.; TIZIOTTO, S.A.; CAZARINI, E.W. Ambientes virtuais de aprendizagem (AVAs) como ferramentas de apoio em ambientes complexos de aprendizagem (ACAs). *RBAAD*, São Paulo, v. 15, p. 113-131, 2016. Disponível em: [http://seer.abed.net.br/edicoes/2016/08-Ambientes\\_virtuais\\_aprendizagem.pdf](http://seer.abed.net.br/edicoes/2016/08-Ambientes_virtuais_aprendizagem.pdf). Acesso em: 30 nov. 2016.
- MEENORNGWAR, C. A methodology to develop ontologies for emerging domains. *The IAFOR Journal of Education*, v. 1, n. 1, p. 39-77, Spring, 2013.
- MONTENEGRO-MARIN, C.E. *et al.* Towards an ontology to describe the taxonomy of common modules in learning management systems. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, v. 1, n. 4, p. 48-54, 2011.
- MOODLE. [Plataforma LMS]. Disponível em: <https://moodle.org/>. Acesso em: 27 mar. 2018.
- MOREIRA, A. Uso de ontologia em sistemas de informação computacionais. *Perspectivas Ciência da Informação*, Belo Horizonte, v. 7, n. 1, p. 49-60, jan./jun, 2002. Disponível em: <http://portaldeperiodicos.eci.ufmg.br/index.php/pci/article/view/413>. Acesso em: 30 nov. 2016.
- MÜLLER, C. *M\_ONTTO*: proposta de modelagem semântica para uma ontologia do domínio EAD. 2011. 150f. Dissertação (Mestrado em Linguística Aplicada) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS, São Leopoldo, 2011. Disponível em: <http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/2989/Carolina%20Muller.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- MUÑOZ, A. *et al.* OntoSakai: On the optimization of a Learning Management System using semantics and user profiling. *Expert Systems with Applications*, v. 42, p. 5995-6007, 2015.
- NECHES, R. *et al.* Enabling technology for knowledge sharing. *AI Magazine*, v. 12, n. 3, 1991. Disponível em: <https://www.aaai.org/ojs/index.php/aimagazine/article/view/902/820>. Acesso em: 10 maio 2018.
- NGANJI, J.T.; BRAYSHAW, M.; TOMPSETT, B. Ontology-driven disability-aware e-learning personalisation with ONTODAPS. *Campus-Wide Information Systems*, v. 30, n.1, p. 17-34, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.1108/10650741311288797>.
- NOY, N.F.; MCGUINNESS, D.L. *Ontology development 101: a guide to creating your first ontology*. Technical Report, Stanford University, 2001, p. 1-25. Disponível em: [https://protege.stanford.edu/publications/ontology\\_development/ontology101.pdf](https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf). Acesso em: 27 fev. 2018.
- OUF, S. *et al.* A proposed paradigma for smart learning environment base on Semantic Web. *Computers in Human Behavior*, v. 72, p. 796-818, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.030>.
- PICKLER, M.E.V. Web Semântica: ontologias como ferramentas de representação do conhecimento. *Perspectivas em Ciência da Informação*, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 65-83, jan./abr. 2007. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pci/v12n1/05.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2017.
- PROTÉGÉ. Disponível em: <https://protege.stanford.edu/>. Acesso em: 03 abr. 2018.
- RAMALHO, R.A.S. *Desenvolvimento e utilização de ontologias em bibliotecas digitais: uma proposta de aplicação*. 2010. 145 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Faculdade de Filosofia e Ciências – UNESP, Marília, 2010. Disponível em: [https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/CienciadaInformacao/Dissertacoes/ramalho\\_ras\\_do\\_mar.pdf](https://www.marilia.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/CienciadaInformacao/Dissertacoes/ramalho_ras_do_mar.pdf). Acesso em: 15 ago. 2017.
- RANI, M.; SRIVASTAVA, K.V.; VYAS, O.P. An Ontological Learning Management System. *Computer Applications in Engineering Education*, v. 24, n. 5, p. 706-722, Sep. 2016.
- SALES, L.F.; SAYÃO, L.F. Modelo triádico de relações: um protótipo de modelagem conceitual para a área nuclear. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO- ENANCIB, 13., 2012, Rio de Janeiro. *Anais[...]*. Rio de Janeiro: ANCIB, 2012. Disponível em: [http://carpedien.ien.gov.br/bitstream/ien/481/1/artigo\\_enancib2012\\_sales\\_say%C3%A3o.pdf](http://carpedien.ien.gov.br/bitstream/ien/481/1/artigo_enancib2012_sales_say%C3%A3o.pdf). Acesso em: 6 set. 2017.
- SILVA, I.M.M. Interfaces digitais na educação a distância: das salas de aula aos ambientes virtuais de aprendizagem. *Colabor@ - Revista Digital da CVA*, v. 7, n. 25, fev, 2011. Disponível em: <http://pead.ucpel.tche.br/revistas/index.php/colabora/article/view/160/0>. Acesso em: 10 nov. 2016.
- SILVA, P.C.D., SHITSUKA, R.; PASCHOAL, P.A.G. Afetividade nas interações em AVA: um estudo sobre a interação na educação a distância. *RBAAD*, v. 14, 2015. Disponível em: [http://www.abed.org.br/revistacientifica/\\_Brazilian/edicoes/2015/2015\\_Edicao.htm](http://www.abed.org.br/revistacientifica/_Brazilian/edicoes/2015/2015_Edicao.htm). Acesso em: 30 nov. 2016.

SOUZA, R.R.; ALVARENGA, L. A Web Semântica e suas contribuições para a ciência da informação. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 33, n. 1, jun., 2004. ISSN 1518-8353. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/article/view/1077/1176>. Acesso em: 27 ago. 2017.

STOJANOVIC, L.; STAAB, S.; STUDER, R. eLearning based on the Semantic Web. *In: WEBNET2001 – WORD CONFERENCE ON THE WWW AND INTERNET*, 2001, Orlando, Florida. *Proceedings*[...]. Orlando, Florida: [s.n.], 2001. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/5137/bf49ca14cae6fd1f93649b316129a259f191.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2016.

SURE, Y.; STAAB, S.; STUDER, R. On-To-Knowledge Methodology (OTKM). *In: STAAB, S.; STUDER, R. (ed.) Handbook on Ontologies*. Berlin, Heidelberg: Springer, 2004. p. 117-132. (International Handbooks on Information Systems).

TARUS, J. K.; NIU, Z.; MUSTAFA, G. Knowledge-based recommendation: a review of ontology-based recommender systems for e-learning. *Artif. Intell. Rev.*, v. 50, p.21-48, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10462-017-9539-5>

VALASKI, J; MALUCELLI, A; REINEHR, S. Ontologies application in organizational learning: a literature review. *Expert Systems with Applications*, v.39, n.8, p. 7555-7561, 15 jun., 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.01.075>