

ONTOLOGIAS NO DOMÍNIO DE LEARNING ANALYTICS: CLASSIFICAÇÃO E ÁREAS DE APLICAÇÃO

Bartholomeo Oliveira Barcelos¹;
Robson Fernando Duda²;
Fernando Alvaro Ostuni Gauthier³;

***Abstract:** This study presents an integrative literature review to identify and classify the ontologies developed in the area of Learning Analytics (LA), with the objective of investigating which are the types of ontologies developed, as well as classifying them regarding their application within the areas identified in the researched domain. From a set of 116 documents, 25 of them were selected after applying the inclusion and exclusion criteria defined in the methodology to be analyzed and classified in relation to the ontologies developed and also as to their area of application within the LA. The results showed a higher occurrence in the development of domain and task ontologies, most of them developed in the area of Customization and Adaptation.*

Keywords: learning analytics; educational data; ontologies.

Resumo: Este estudo apresenta uma revisão integrativa da literatura para identificar e classificar as ontologias desenvolvidas na área de Learning Analytics (LA), com o objetivo de investigar quais são os tipos de ontologias desenvolvidas, bem como classificá-las quanto à sua aplicação dentro das áreas identificadas no domínio pesquisado. A partir de um conjunto de 116 documentos, 25 deles foram selecionados após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão definidos na metodologia para serem analisados e classificados em relação às ontologias desenvolvidas e também quanto a sua área de aplicação dentro da LA. Os resultados mostraram maior ocorrência no desenvolvimento de ontologias de domínio e de tarefa, sendo a maioria delas desenvolvidas na área de Personalização e Adaptação.

Palavras-chave: learning analytics; dados educacionais; ontologias.

1. INTRODUÇÃO

O número de pesquisas relacionadas ao domínio de Learning Analytics (LA) tem aumentado consideravelmente nos últimos anos, impulsionando o desenvolvimento de

¹ Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Florianópolis - Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1178-1212>. e-mail: barthobarcelos@gmail.com

² Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Florianópolis - Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2013-4746>. e-mail: robson.duda@ufsc.br

³ Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento - Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) Florianópolis - Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1648-7613>. e-mail: gauthier@egc.ufsc.br

ferramentas e métodos computacionais que auxiliam nos processos desta área emergente que combina técnicas computacionais com práticas educacionais.

Neste contexto, a LA lança o olhar para os processos de aprendizagem dos alunos e o contexto no qual eles ocorrem, para observar e compreender os padrões ocultos a fim criar modelos preditivos que colaborem com o processo de tomada de decisões dos educadores em nível institucional. Para isso, a área de LA necessita realizar a medição, coleta e análise de dados educacionais das atividades de alunos e professores para identificar padrões de comportamento e entender melhor o processo de ensino-aprendizagem (Chatti, Dyckhoff, Schroeder & Thus, 2012).

Entre as tecnologias envolvidas nos processos da LA, temos as aplicações da Web Semântica, em especial o uso de ontologias. Ontologias são artefatos de representação da informação muito úteis para integração de dados e para garantir interoperabilidade semântica das informações que ela representa. A construção de representações como ontologias tem por objetivo desenvolver meios para que as máquinas possam servir aos humanos de maneira mais eficiente (Berners-Lee, Hendler, & Lassila, 2001).

Dentro do contexto da LA, temos o desenvolvimento e utilização de ontologias em diferentes contextos, tanto para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem, bem como para realizar inferências para geração de conhecimento. Foram encontrados na literatura ontologias para gerenciamento de Objetos Virtuais de Aprendizado e suas relações com os Objetivos de Aprendizagem (Lima, Oliveira, Silva, & Silva, 2017), ontologias de recomendação de Objetos de Aprendizado aos estudantes, considerando seus Estilos de Aprendizagem (Carvalho, Mendes, Ferreira, Dorça, & Cattelan, 2016), além de fornecerem também suporte para o gerenciamento e integração de dados (Carchedi, Barrère, Mendonça, & Souza, 2018). Frente a isso, surge a seguinte questão de pesquisa: quais são os tipos de ontologias desenvolvidas dentro do domínio Learning Analytics e como são classificadas quanto a sua aplicação neste domínio de estudo?

Assim, este estudo tem como objetivo investigar quais são os tipos de ontologias desenvolvidas no domínio de Learning Analytics, bem como classificar estas quanto às suas aplicações dentro do domínio pesquisado. Para atingir os objetivos propostos, foi realizada uma revisão integrativa que fez uma ampla busca nas principais bases de pesquisa como IEEE®, Scopus®, SciELO.ORG® e Web of Science® para ampliar ao máximo o conjunto de trabalhos relacionados a essa temática.

2. LEARNING ANALYTICS

A Society for Learning Analytics Research (Society for Learning Analytics Research, 2020) compreende a LA a partir da definição cunhada no ano de 2011 no 1st International Conference on Learning Analytics & Knowledge (LAK'11) “como a medição, coleta, análise e relatório de dados sobre alunos e seus contextos, visando compreender e otimizar a aprendizagem e os ambientes nos quais ela se desenvolve” - sendo frequente o seu uso na previsão de sucesso acadêmico dos alunos e a identificação de estudantes que correm o risco de reprovar em um curso ou abandonar seus estudos. De forma complementar, Softic et al. (2014) define o termo LA como “reside em algoritmos, fórmulas, métodos e conceitos que traduzem dados em informações significativas. Modelagem, estruturação e processamento dos dados coletados derivado de, por exemplo, o rastreamento do comportamento do aluno desempenha um papel decisivo para a avaliação”.

LA referem-se à interpretação de uma ampla gama de dados produzidos pelos estudantes a fim de avaliar o seu progresso acadêmico, prever o desempenho futuro e detectar possíveis problemas (Johnson, Smith, Willis, Levine, & Haywood, 2011). Aplicado a disciplinas, cursos e departamentos, este processo fornece informações valiosas sobre o que está realmente acontecendo e sugere maneiras através das quais os educadores podem melhorar o processo de ensino-aprendizagem, além de indicar quais alunos podem desistir do curso ou aqueles que precisam de ajuda adicional para melhorar seu desempenho (Siemens & Long, 2011).

Pesquisas em Educational Data Mining (EDM) e Learning Analytics respondem cada vez mais questões complexas sobre o que um aluno sabe e se ele está envolvido (Bienkowski, Feng, & Means, 2012). Diante desse cenário, estão presentes na literatura diferentes áreas de aplicação. Essas áreas representam as categorias amplas em que a mineração e análise de dados pode ser aplicada à atividade online, especialmente no que se refere à aprendizagem online. Isso está em contraste com as áreas mais gerais para uso de big data, como saúde, manufatura e varejo (Manyika et al., 2011).

Bienkowski et al. (2012) apresentam cinco áreas de aplicação LA/EDM de acordo com características de concepção e implementação. Essas áreas possuem subcategorias, que são agrupadas de acordo com as características em comum, totalizando oito possíveis classificações que são (1) modelagem do conhecimento do usuário, comportamento do usuário e modelagem da experiência do usuário; (2) perfil do usuário; (3) modelagem de

domínio, componentes do sistema de aprendizagem e análise do princípio instrucional; (4) análise de tendências e (5) e adaptação e personalização. As características de cada uma das áreas é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1: Áreas de Aplicação de LA/EDM

| Áreas | Descrição |
|---|--|
| Modelagem de conhecimento usuário | Representam a coleção de dados específicos do usuário, como habilidades e conhecimentos, utilizados para personalizar e adaptar os comportamentos do sistema para as necessidades dos alunos; |
| Modelagem de comportamento do usuário | Caracteriza as ações do aluno como dentro ou fora da tarefa e pode ser usado como um proxy para o envolvimento do aluno. Este se baseia nos mesmos tipos de dados de aprendizagem usados na previsão do conhecimento do usuário e outras medidas, como quanto tempo um aluno gastou online (ou no sistema), se um aluno concluiu um curso, mudanças documentadas no sala de aula ou contexto escolar, frequência, atrasos e, às vezes, o nível de conhecimento do aluno ou de outras fontes de dados como pontuações de testes padronizados; |
| Modelagem de experiência do usuário | Verifica se um aluno está satisfeito com a experiência de aprendizado, pode ser julgado pelas respostas dos alunos a pesquisas de acompanhamento ou questionários e pelas escolhas realizadas, comportamentos, desempenho e retenção em unidades de aprendizagem ou cursos subsequentes; |
| Perfis de usuários | Coleção de dados pessoais que descrevem as características essenciais de um usuário. O perfil do usuário se refere ao processo de construção e aplicação de perfis de alunos ou grupos usando algoritmos de mineração de dados e aprendizado de máquina; |
| Modelagem de domínio | Criado para representar os conceitos-chave que compõem um assunto ou tópico (ou seja, domínios). Este também identifica as relações entre todos os conceitos-chave ou unidades de estudo, buscando investigar como a aprendizagem é afetada pelas formas como um tópico é dividido em conceitos-chave em um determinado nível de generalização; |
| Componentes do sistema de aprendizagem e análise do princípio instrucional | A análise do princípio instrucional examina os componentes de um sistema de aprendizagem/elementos que compõe o projeto pedagógico do curso e os tipos de práticas pedagógicas adotadas em várias etapas ou fases ou para vários grupos de alunos; |
| Análise de tendências | Refere-se à prática de coletar informações e tentar identificar um padrão sequencial, ou tendência, nas informações ao longo do tempo. Na educação, ajuda a responder questões como o que muda na aprendizagem dos alunos ao longo do tempo e como a aprendizagem mudou; |
| Personalização e Adaptação | A primeira, indica ritmo adaptativo, instrução de estilo para preferências de aprendizagem e conteúdo personalizado para os alunos de interesse; a segunda, é usada para indicar as mudanças em um sistema (interface ou comportamento) ou que um instrutor faz em resposta aos alunos, personalizando assim sua experiência |

Fontes: Elaborado pelos autores (2022), adaptado de Bienkowski et al. (2012)

Essas são as áreas de referência utilizadas neste trabalho para a classificação das ontologias desenvolvidas no contexto da LA.

3. ONTOLOGIAS E CLASSIFICAÇÕES

Uma ontologia pode ser definida como sendo um conjunto de termos ordenados hierarquicamente para representar um domínio específico. Ela pode ser usada como um esqueleto para uma base de conhecimento onde são executados processos de inferência (raciocínio). O uso de uma ontologia permite então, a definição de um domínio no qual será possível trabalhar em determinada área específica, possibilitando a melhora no processo de extração de informação e o intercâmbio do conhecimento (Gómez-Pérez, 1999). Segundo Bräscher e Carlan (2010), as ontologias “definem conceitos e relações de alguma área do conhecimento, de forma compartilhada e consensual e promovem e facilitam a interoperabilidade entre sistemas de informação, em um processo “inteligente” dos agentes (computadores)”.

O desenvolvimento de uma ontologia deve partir da conceitualização como um aspecto capaz de realizar uma representação complexa das características dos objetos, a fim de prever possíveis relações futuras e não somente o estado atual dos objetos representados, uns em relação aos outros (Guarino, 1998). Segundo Almeida e Bax (2003), as ontologias podem se diferenciar quanto a função, aplicação, estrutura, conteúdo e grau de formalismo.

Para permitir a classificação de ontologias dentro dos diferentes domínios onde elas são desenvolvidas é preciso ter uma definição clara das características que as diferenciam. É possível encontrar várias classificações disponíveis na literatura, como a elaborada por Gómez-Pérez (1999), que as classifica 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. Essa mesma classificação foi utilizada por Al-Yahya, George, e Alfaries (2015), que realizou a classificação de ontologias desenvolvidas no contexto do E-Learning, foco muito similar ao deste trabalho. Em sua classificação, Al-yahya et al. (2015) define quatro categorias para ontologias em E-Learning: Ontologias de Aplicação, Ontologias de Tarefas de Domínio, Ontologias de Tarefas e Ontologias de Domínio.

Segundo essa classificação as ontologias de domínio são reutilizáveis dentro de um domínio específico. A principal característica destas ontologias é que são independentes de

qualquer tarefa ou aplicação específica. As ontologias de tarefa descrevem vocabulário relevante para uma tarefa ou atividade genérica, como venda, compra ou resolução de problemas. A tarefa pode ser aplicada em qualquer domínio. Já as ontologias de domínio-tarefa representam o vocabulário para uma tarefa dentro de um domínio específico. Eles não são reutilizáveis em vários domínios. Por fim, as ontologias de aplicação são dependentes de aplicativos e descrevem o vocabulário relevante para um aplicação específica. Elas geralmente estendem ontologias de domínio e tarefa, com maior relevância para um aplicativo ou problema específico.

Outra classificação relevante é a elaborada por Guarino (1998), que classifica em: ontologias de nível superior/genérica, ontologias de domínio, ontologias de tarefa e ontologias de aplicação. Essa mesma classificação foi utilizada por Botelho (2015) para definir os níveis de especialidade/generalidade necessários para a representação do conhecimento.

Segundo Guarino (1998), ontologias de nível superior/genéricas descrevem conceitos muito gerais como espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação, etc., que são independentes de um determinado problema ou domínio: parece, portanto, razoável, pelo menos em teoria, ter um nível superior unificado ontologias para grandes comunidades de usuários. De forma complementar, Botelho (2015) afirma que elas têm como propósito armazenar conhecimento sobre o mundo e também noções sobre conceitos para coisas como espaço, tempo, evento, estado, ação, entre outros. Os conceitos representados por tal tipo de ontologia geralmente são independentes de um domínio ou problema particular.

Ontologias de domínio descrevem um vocabulário relacionado a um domínio genérico (Guarino, 1998). Ela representa o conhecimento sobre um determinado domínio específico. Podemos utilizar como exemplo a representação do domínio em uma área da medicina ou da biologia, do desenvolvimento de software ou de hardware, entre outras. É derivada da ontologia de nível superior (Botelho, 2015).

Ontologias de tarefa descrevem uma tarefa ou atividade genérica (como diagnosticar ou vender), ao especializar os termos introduzidos na ontologia de nível superior (Guarino, 1998). Ainda, segundo Botelho (2015), ela representa algo específico relacionado a uma atividade ou tarefa, como: nos processos de faturamento de uma empresa, a tarefa de “contas a pagar”; nos processos de Recursos Humanos, as tarefas de recrutamento e seleção.

Por fim, as ontologias de aplicação descrevem conceitos que dependem de um domínio e de uma tarefa específicos, que geralmente são especializações de ambas as

ontologias relacionadas. Esses conceitos muitas vezes correspondem a funções desempenhadas por entidades de domínio durante a execução de uma determinada atividade, como unidade substituível ou componente sobressalente (Guarino, 1998). Segundo Botelho (2015), podemos identificar este tipo de modelo ontológico como o mais específico, em que se pode desenvolver uma ontologia de uma parte específica de uma tarefa ou domínio. Podemos citar como exemplo, o desenvolvimento de uma ontologia para um trâmite jurídico específico, em detrimento do grande arcabouço que abrange essa área.

De acordo com as definições apresentadas e os objetivos deste estudo, será utilizada neste trabalho a classificação descrita por Guarino (1998), considerando também a descrição apresentada por Botelho (2015).

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para responder a questão de pesquisa deste estudo, realizou-se uma revisão integrativa que fez buscas nas bases de dados Scopus (Elsevier); Web of Science (Coleção Principal - Clarivate Analytics); IEEE Xplore; e SciELO.ORG. O string preliminar utilizado foi "learning analytics" AND "ontology", limitado aos documentos do tipo: artigos de periódicos e congressos. Após a análise dos resultados, o string final utilizado foi TITLE-ABS-KEY ("learning analytics" AND "ontology" OR "ontologia") AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "cp") OR LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")), uma vez que este apresentou melhores resultados no quantitativo de publicações sobre o domínio analisado, principalmente, nas bases de dados Web of Science e SciELO.ORG.

As buscas foram realizadas no mês de Novembro de 2020, como resultados obteve-se um total de 116 publicações (Quadro 2), que nas etapas posteriores foram submetidas e critérios de inclusão e exclusão a fim de se chegar a um quantitativo de publicações aptas a colaborarem com os objetivos deste estudo.

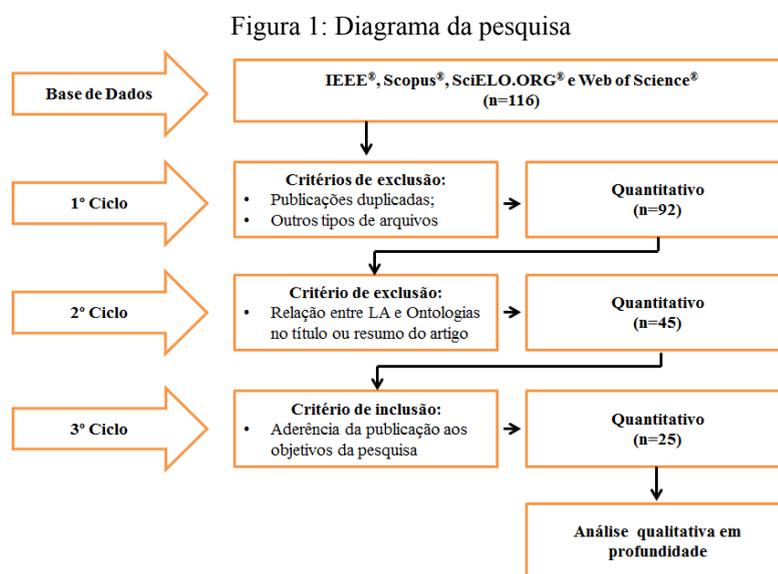
Quadro 2: Resultados das Buscas

| Base de Dados | Tipo de Documento | Período | Resultados |
|-----------------------|--------------------------------------|---------------|------------|
| Scopus (Elsevier) | Artigos de Periódicos e Conferências | Todos os anos | 44 |
| <i>Web of Science</i> | Artigos de Periódicos e Conferências | Todos os anos | 43 |
| IEEE Xplore | Conferências | Todos os anos | 17 |

| | | | |
|------------|-----------------------|---------------|-----|
| SciELO.ORG | Artigos de Periódicos | Todos os anos | 12 |
| Total | | | 116 |

Fontes: Elaborado pelos autores (2022)

A partir da base de dados bruta compoendo 116 publicações, procedeu-se com a seleção dos artigos, utilizando-se critérios de exclusão e inclusão, para a redução do número de trabalhos, bem como para identificar as produções que efetivamente colaboraram com a questão de pesquisa deste estudo. O diagrama da pesquisa, representado na Figura 1, ilustra os ciclos de análise realizados ao longo deste estudo.



Fontes: Elaborado pelos autores (2022)

No primeiro ciclo, realizou-se a exclusão das publicações duplicadas nas bases de dados de origem, bem como eliminou-se documentos estranhos que não eram artigos de periódicos ou conferência, resultando em um quantitativo de 92 publicações; Como segundo ciclo, analisou-se, preliminarmente, o título e o resumo das publicações para identificar evidências de relação entre ontologias e a área de domínio de Learning Analytics, reduzindo o número de publicações para 45. Nesta etapa, alguns trabalhos não evidenciaram de forma clara no título ou resumo suas intenções, mas apresentaram palavras como “web semântica” ou “aplicações em RDF” que geraram dúvidas. Diante disso, em alguns casos o artigo foi analisado integralmente para sanar esta dúvida, objetivando reduzir a incerteza no processo de exclusão.

No terceiro ciclo de análises procedeu-se com uma análise qualitativa, também preliminar, da Introdução, Procedimentos metodológicos e Resultados para identificar efetivamente as publicações com aderência aos objetivos da pesquisa, ação esta que reduziu a base de dados para uma quantitativo final de 25 publicações. As publicações aptas ao estudo em profundidade, foram apreciadas buscando identificar os tipos de ontologias que são propostas ou implementadas, embasados por Guarino (1998) e Botelho (2015) e a classificação destas quanto a sua aplicação no contexto da LA, orientados pela proposta de Bienkowski et al. (2012).

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Considerando-se as 25 publicações analisadas nesta seção são apresentados os resultados desta revisão integrativa, que visa auxiliar na resposta da questão de pesquisa deste estudo que tenta: identificar os tipos de ontologias desenvolvidas dentro do domínio Learning Analytics e como estas são classificadas conforme suas aplicações neste domínio, são apresentados.

Os estudos na área de ontologias como forma de representação do conhecimento são desenvolvidos desde a década de 1990, a exemplo da contribuição de Gómez-Pérez (1999) e Guarino (1998). Já as pesquisas no escopo da Learning Analytics são relativamente recentes, principalmente, porque o termo foi cunhado no ano de 2011 no 1st International Conference on Learning Analytics & Knowledge evento da Society for Learning Analytics Research (SoLAR, 2020).

Na análise das publicações, chama a atenção que 56% dos artigos foram publicados em congressos, e o ano de 2015 é o ano onde foi publicado o maior número de trabalhos, alinhados com a temática deste estudo, totalizando 7 estudos. Deste quantitativo, 5 foram publicados em eventos distintos. Ponderando sobre a frequência com a qual os autores aparecem no quantitativo de publicações analisadas nesta pesquisa, identificou-se que os pesquisadores Azer Noura, Lilia Cheniti-Belcadhi e Rafik Braham (Sousse University/Tunísia) colaboram em quatro estudos Noura, Cheniti-Belcadhi e Braham (2017a, 2017b, 2018, 2019).

O quantitativo de publicações analisadas foi organizado com base nos tipos de ontologias propostas por Guarino (1998), corroborado por Botelho (2015). O Quadro 3

apresenta esta divisão com um descritivo dos objetivos das ontologias propostas ou implementadas de cada pesquisa para elucidar suas intenções.

Quadro 3: Tipos de ontologias

| Tipo de Ontologia | Descritivo |
|-------------------------|--|
| <p>Aplicação</p> | <p>Estas desenvolvem uma ontologia orientada para uma parte específica de uma tarefa ou processo, como: extrair de conceitos e classificações por meio de análise textual (Zouaq, Joksimovic, & Gašević, 2013); representar o fluxo de atividades gerado pelos alunos durante um curso (Rabelo, Lama, Amorim, & Vidal, 2015); fornecer um vocabulário para vincular semanticamente o conteúdo e a forma de aprendizagem dos alunos (Fuchs, Henning, & Hartmann, 2016); e extrair a descrição do conhecimento sobre os usuários, objetos de ensino, o domínio e os objetivos do aprendizado (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2019).</p> |
| <p>Domínio</p> | <p>Representam o conhecimento de um determinado domínio ou área de interesse, com o objetivos de: entender e analisar padrões de interação e construção de conhecimento em interações <i>online</i> contínuas de estudantes (Al-Ashmoery, Messoussi, & Touahni, 2015); modelar os dados de redes sociais para fins de utilização da <i>Learning Analytics</i> (LA) em ambientes educacionais (Drăgulescu, Bucos, & Vasii, 2015); analisar dados e prever a performance final dos alunos, para prover suporte a sistemas de recomendação educacionais (Grivokostopoulou, Perikos, & Hatzilygeroudis, 2015); representar os recursos de aprendizagem e as atividades dos alunos com vocabulários ontológicos para abordagem dos problemas resultantes de ambientes de aprendizagem descentralizados e heterogêneos (Hover & Muhlhauser, 2015); garantir a conformidade dos dados provenientes dos ambientes virtuais para armazenar e recuperar dados de atividades de ensino (Vidal, Rabelo & Lama, 2015); construir uma ontologia baseada em grafo conceitual para recomendação e entrega de micro Recursos Educacionais Abertos (REA) (Sun et al., 2017); incorporar uma ontologia para um conjunto de conceitos e propriedades projetados para capturar e representar diferentes elementos relacionados ao domínio LA (Nguyen, Gardner, & Sheridan, 2018); propor um xAPI <i>Ontology formal</i>, em OWL, para facilitar interoperabilidade em vários sistemas (Vidal, Rabelo, Lama, & Amorim, 2018); e propor, criar e avaliar um algoritmo automático para extrair ontologias centradas no curso de fontes confiáveis (livros digitais, tutoriais da web ou programa de estudos como texto digital) (Fiallos & Ochoa, 2019).</p> |
| <p>Tarefa</p> | <p>Contemplam a representação de algo específico relacionado a uma atividade ou tarefa do domínio, como: modelar o contexto de aprendizagem usando ontologias específicas no domínio PLE (Personal Learning Environment), para otimizar e adaptar estes aos alunos, fazendo recomendações de aprendizagem (Softic et al., 2013, 2014); representar o conhecimento por meio da criação de um vocabulário de mediação para facilitar a integração de "dados relevantes" usados para projetar atividades de aprendizagem, e apoiar o processo de feedback (Charlton, Karkalas, & Mavrikis, 2015); modelar as classes e hierarquias para aprimorar a análise de avaliações por meio do modelo <i>Ontological Assessment Analytics</i>, contribuindo com uma arquitetura de análise de avaliação baseada em tecnologias da web semântica para gerar inferências sobre o nível do aluno e o de dificuldades do objeto de avaliação (Nouira et al., 2017a, 2017b, 2018, 2019); desenvolver uma ferramenta de LA para enriquecer a experiência de aprendizagem <i>online</i> de estudantes de</p> |

| | |
|--|--|
| | <p>medicina e do corpo clínico, por meio de uma ontologia de perfil do aprendiz que armazena as noções sobre as métricas de aprendizagem implícita e explícitas (Marin & Goga, 2019); padronizar a geração de dados de LA para prover suporte a sistemas de recomendação educacionais (Gomes, Souza, Mendonça, & Braga, 2020).</p> |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Os dois tipos de Ontologias que prevaleceram foram as do tipo Domínio e Tarefa. A primeira, busca descrever e representar conhecimentos essenciais que devem ser considerados dentro do domínio de LA, dando suporte ao contexto e objetivos onde cada pesquisa foi realizada. Na segunda, Ontologia de Tarefa, destacam-se uma série de iniciativas que propõem um conjunto de ações, considerando o contexto e os processos analisados para a solução das demandas. Esta deve ser entendida como um sistema de recursos semânticos para representar e descrever o conhecimento significado da resolução de um problemas (Ikeda, Seta, Kakusho, & Mizoguchi, 1998).

Entre as publicações analisadas não houveram publicações do tipo Ontologias Genéricas, uma vez que naturalmente estas buscam representar conhecimento sobre o mundo, sendo independentes de um domínio específico, neste caso este estudo analisa o domínio Learning Analytics. Olhando para o contexto de aplicação dessas ontologias no domínio de LA estas foram classificadas conforme a abordagem de Bienkowski et al. (2012). O Quadro 4, apresenta os resultados desta estruturação.

Quadro 4: Tipos de aplicação das ontologias na LA

| Classificação de Aplicação | Descritivo |
|---|--|
| <p>Análise de Tendências</p> | <p>Análise de conteúdo textual de um conjunto de dados, para extração de conceitos e suas classificações (Zouaq et al., 2013); análise de avaliação baseada em tecnologias da web semântica para gerar inferências sobre o nível do aluno e o nível de dificuldade do objeto de avaliação (Nouira et al., 2018).</p> |
| <p>Modelagem de comportamento do usuário</p> | <p>Apresentar uma arquitetura de big data que utiliza uma ontologia baseada na especificação xAPI para representar o fluxo de atividades gerado pelos alunos durante um curso, principalmente, para capturar os eventos gerados pelos alunos e / ou professores em sua interação com o ambiente virtual (Rabelo et al., 2015); apoio aos professores e administradores na compreensão e análise de padrões de interação contínuas e construção de conhecimento dos participantes envolvidos em atividades online (Al-Ashmoery et al., 2015); estudo das redes sociais em ambientes educacionais concentrando-se nos dados de interação social do indivíduo para fins de análise do aprendizado (Drăgulescu et al., 2015); representar as atividades dos alunos distribuídas em aplicativos de aprendizagem</p> |

| | |
|--|--|
| | heterogêneas (Hover & Muhlhauser, 2015). |
| Modelagem de conhecimento usuário | Apresentar uma metodologia de mineração de dados usada para analisar e descobrir relações entre os dados de desempenho de aprendizagem dos alunos, objetivando prever o desempenho final do curso, rastrear os alunos que estão em risco de reprovação nos exames e em risco de desistência do curso (Grivokostopoulou et al., 2015); Desenvolver um sistema para capturar o ambiente (contexto) em que as experiências de aprendizagem aconteceram, analisando a localização e os dispositivos acessados pelo aluno, para mapear os dados de aprendizagem e oferecer serviço de <i>learning analytics</i> (Anseeuw et al., 2016); Propor uma estrutura para padronizar a geração de dados de LA e prover assistências a sistemas de recomendação, utilizando uma ontologia para captura de dados que provenientes de eventos do aluno no ambiente virtual (Gomes et al., 2020). |
| Modelagem de domínio | Apresentar os principais conceitos de uma ontologia para LA que captura a descrição semântica para validação das instruções (ator, verbo, objeto) da especificação xAPI, usadas para representar os eventos de aprendizagem de um ambientes virtuais de aprendizagem, no qual o modelo conceitual é controlado por quase 150 axiomas e restrições de integridade para garantir a correção das instruções (Vidal et al., 2015; Vidal et al., 2018); propor a Ontologia Integrada de Análise de Aprendizagem (IOLA) que incorpora um conjunto de conceitos e propriedades projetados para capturar e representar diferentes elementos relacionados à LA, junto de uma rede semântica de pesquisa para refletir essa tecnologia (Nguyen et al., 2018); sugerir uma técnica que pode ser utilizada para fornecer informações de domínio para outras ferramentas de LA, por meio de um algoritmo automático que extrair ontologias centradas nos materiais online dos currículos dos cursos (Fiallos & Ochoa, 2019); apresentar as etapas do projeto de designer de aprendizagem usado para desenvolver uma ontologia para modelar os termos do vocabulário usados para aprendizagem de atividades de autoria e para ver os resultados do comprometimento dos alunos (Charlton et al., 2015). |
| Modelagem de experiência do usuário | Propor o <i>assessment analytics model</i> dedicado a conceber dados de avaliação, como atividade de avaliação, resultado da avaliação e contexto da avaliação, inspirado no modelo de especificações xAPI, que apresenta um modelo de dados flexível para registrar dados sobre a experiência do aluno e seu desempenho (Nouira et al., 2017a, 2017b, 2018, 2019). |
| Perfis de usuários | Desenvolver uma ferramenta de LA que enriquece a experiência de aprendizagem online de estudantes de medicina e do corpo clínico por meio de cursos, no qual o perfil do aprendiz é construído a partir de uma ontologia que armazena as noções sobre as métricas de aprendizagem implícita e explícita que é acionada conforme os alunos utilizam a plataforma online (Marin & Goga, 2019). |
| Personalização e adaptação | Implementar uma ontologia pedagógica que integra didática e conhecimento pedagógico em ambientes virtuais para gerar uma aprendizagem no aluno por meio de recomendações de materiais e percursos de aprendizagem em tempo real (Fuchs et al., 2016); desenvolver um ambiente de aprendizagem inteligente que oferece suporte ao alunos, onde o conhecimento é modelado por representações de web semântica, seguido de uma análise profunda das atividades dos alunos e seus conteúdos, a fim de orientar os alunos por de recomendações, gráficos e visualizações seus comportamentos de aprendizagem, bem como suporte aos professores (Halimi & Seridi-Bouchelaghem, 2019). Apresentar um sistema de avaliação eletrônico |

| | |
|--|--|
| | <p>genérico que se adapta a um perfil de aluno especificado por uma ontologia (Hlaoui, Hajje, & Ben Ayed, 2016); focar na construção de uma base de conhecimento para recomendação de micro Recursos Educacionais Abertos (REA) micro REA. Para estudantes conhecidos a LA e EDM, serão aplicadas a seus dados históricos para compreender seu padrão de aprendizagem e preferências, já alunos novos será feito pelo sistema o preenchendo as lacunas com dados previstos, para que seja feita uma recomendação com base nas informações demográficas do estudante (Sun et al., 2017) Rastrear as atividades dos alunos em ferramentas ou objetos de um <i>Personal Learning Environment</i> (PLE) de forma que os dados estatísticos de visualização e avaliação sejam resumidos permitindo a otimização de PLE para problemas de design e adaptação de ambientes de aprendizagem (Softic et al., 2013, 2014); propor um modelo de dados com uma ontologia adaptativa limitada pelo nível de detalhamento dos dados padronizados do AVA que são centrados na atividade. De forma que, auxiliem a descobrir insights sobre a aprendizagem e a fornecer feedbacks ou intervenções oportunas e direcionadas para cada aluno (Liu, Tatinati, & Khong, 2020).</p> |
|--|--|

Fonte: Elaborado pelos autores (2022)

Para aproximar e conectar as ontologias analisadas dentro do escopo da Learning Analytics procedeu-se com a classificação destas considerando suas características de concepção e implementação. A partir disso, três classificações destacaram-se:

- Modelagem de comportamento do usuário: nesta quatro publicações receberam esta aplicação, uma vez que focam nas ações ou envolvimento dos alunos nas atividades de aprendizagem, principalmente, os diferentes tipos de interações dos alunos nos AVAs;
- Modelagem de domínio: foram classificadas quatro publicações neste quesito, que se propõe a representar conceitos-chaves por meios de ontologias, bem como elementos de como a aprendizagem pode ser afetada;
- Personalização e adaptação: neste sete estudos contemplam esta classificação, o qual destaca elementos como a utilização de sistemas de recomendação, adaptações de recursos e atividades ao perfil dos alunos.

Aspecto importante a destacar é que não houveram trabalhos classificados como “Componentes do sistema de aprendizagem e análise do princípio instrucional”, uma vez que as publicações analisadas não contemplaram as características e elementos considerados para este tipo de aplicação das ferramentas no domínio de LA.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo buscou responder a seguinte questão de pesquisa: quais são os tipos de ontologias desenvolvidas dentro do domínio Learning Analytics e como são classificadas quanto a sua aplicação neste domínio de estudo? Para responder a questão de pesquisa, como procedimentos metodológicos, uma revisão integrativa foi realizada embasada em quatro bases de dados tendo como objeto de estudo o domínio de Learning Analytics. Neste domínio, foram identificadas Ontologias de Aplicação, de Domínio e de Tarefas, que foram classificadas conforme sua aplicação dentro das diferentes áreas no contexto da LA. Entre as áreas de aplicação das ontologias pesquisadas, a “Personalização e Adaptação” foi quem teve maior ocorrência, no qual sistemas de recomendação e ontologias adaptativas estão em evidência.

O objetivo proposto foi alcançado, no qual se conseguiu identificar os elementos propostos e explicitar os tipos de ontologias e suas aplicações na LA. Porém, como limitações do estudo encontra-se a subjetividade em se rotular uma ontologia quanto ao seu tipo e classificar a aplicação destas no escopo da LA. Mesmo, amparados pela literatura, visto que existe uma linha muito tênue entre as características e elementos que compõem estas temáticas observadas. Como sugestões para estudos futuros, sugere-se ampliar os elementos que compõem a pesquisa, adicionando no string de buscas a temática Knowledge Graph que é uma temática emergente e está diretamente conectada aos desenvolvimento de ontologias e tem sua aplicação no domínio Learning Analytics. Do mesmo modo, outra linha para estudos futuros são os tipos de soluções que são propostas utilizando ontologias em sistemas de recomendação e ontologias adaptativas.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

REFERÊNCIAS

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*, Brasília, 32(3), pp. 720.

- Al-Ashmoery, Y., Messoussi, R., & Touahni, R. (2015). Analytical tools for visualisation of interactions in online e-learning activities on LMS and semantic similarity measures on text. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 73(1), 102-118.
- 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.
- Anseeuw, J., Verstichel, S., Ongenaes, F., Lagatie, R., Venant, S., & De Turck, F. (2016). An ontology-enabled context-Aware learning record store compatible with the experience API. *Proceedings of the 8th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management*, v. 2, 88-95.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., & Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific American*, 284(5), 34-43.
- Bienkowski, M., Feng, M., & Means, B. (2012). Enhancing Teaching and Learning Through Educational Data Mining and Learning Analytics: An Issue Brief. Center for Technology in Learning, U.S. Department of Education Office of Educational Technology. <https://tech.ed.gov/wp-content/uploads/2014/03/edm-la-brief.pdf>
- Botelho, M. (2015). Aplicação de Ontologias na Organização de Conteúdos Para Apoio a Equipes de Desenvolvimento de Software. [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Bräscher, M., & Carlan, E. (2010). Sistemas de organização do conhecimento: Antigas e novas linguagens. In J. Robredo, & M., Bräscher (Orgs.), *Passeios pelo bosque da informação: estudos sobre a representação e organização da informação e do conhecimento*. Brasília: IBICT, pp. 147- 176.
- Carchedi, L. C., Barrére, E., Mendonça, F. M., & Souza, J. F. (2018). Onto4LA: uma ontologia para integração de dados educacionais. *Anais dos Workshops do VII Congresso Brasileiro de Informática na Educação (WCBIE)*, pp. 439-448.
- Carvalho, V., Mendes, M., Ferreira, H., Dorça, F., & Cattelan, R. (2016). Uma Ontologia para Apoio à Recomendação Automática e Personalizada de Conteúdo Considerando Estilos de Aprendizagem de Estudantes em Sistemas Adaptativos para Educação.

- Anais do XXVII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE), Uberlândia, pp. 1175- 1184.
- Charlton, P., Karkalas, S., & Mavrikis, M. (2015). Designing a mediation vocabulary for authoring learning analytics. *Proceedings of the 7th International Joint Conference on Knowledge Discovery, Knowledge Engineering and Knowledge Management*, v. 2, pp. 223-230.
- Chatti, M. A., Dyckhoff, A. L., Schroeder, U., & Thus, H. (2012). A reference model for learning analytics. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, 4(5), 318–331.
- Drăgulescu, B., Bucos, M., & VasIU, R. (2015). Social network analysis on educational data set in RDF format. *Journal of Computing and Information Technology*, 23(3), 269-281.
- Fiallos, A., & Ochoa, X. (2019). Semi-automatic generation of intelligent curricula to facilitate learning analytics. *9th International Conference on Learning Analytics and Knowledge*, pp. 46-50.
- Fuchs, K., Henning, P. A., & Hartmann, M. (2016). INTUITEL and the hypercube model - Developing adaptive learning environments. *10th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics*, pp. 206-211.
- Gomes, J., Souza, J. F., Mendonça, F. B., & Braga, R. (2020). Integration architecture and support ontology for recommendation of educational objects in virtual learning environments. *Proceedings of the XIII Seminar on Ontology Research in Brazil and IV Doctoral and Masters Consortium on Ontologies*, pp. 23-26.
- Gómez-Pérez, A. (1999). *Ontological Engineering: A State of the Art*. *Expert Update*, n. 2.
- Grivokostopoulou, F., Perikos, I., & Hatzilygeroudis, I. (2014). Utilizing semantic web technologies and data mining techniques to analyze students learning and predict final performance. *International Conference on Teaching, Assessment and Learning for Engineering (TALE)*.
- Guarino, N. (1998). Formal Ontology in Information Systems. In N., Guarino (ed). *1st International Conference on Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98)*, Trento, Italy, pp. 3-15.

- Halimi, K., & Seridi-Bouchelaghem, H. (2019). A web 3.0-based intelligent learning system supporting education in the 21st century. *Journal of Universal Computer Science*, 25(10), 1373-1393.
- Hlaoui, Y. B., Hajjej, F., & Ayed, L. J. B. (2016). Learning Analytics for the Development of Adapted E-Assessment Workflow System. *Computer Application in Engineering Education*, 24(6), 951-966.
- Hover, K. M., & Muhlhauser, M. (2014). Learning analytics in linked open online courses. 16th IEEE International Symposium on Multimedia, pp. 369-374.
- Ikeda, M., Seta, K., Kakusho, O., & Mizoguchi, R. (1998). Task ontology, ontology for building conceptual problem solvind models. *Proceedings of the 13th European Conference on Artificial Intelligence*, pp. 126-133.
- Johnson, L., Smith, R., Willis, H., Levine, A., & Haywood, K. (2011). *The NMC Horizon Report: 2011 Higher Education Edition*. Austin, Texas: New Media Consortium.
- Lima, R. W., Oliveira, A. M., Silva, P. A., & Silva, M. G. P. (2017). Ontologia para Gerenciamento de Objetos de Aprendizagem. *Anais do XXVIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*.
- Liu, K., Tatinati, S., & Khong, A. W. H. (2020). Context-Based Data Model for Effective Real-Time Learning Analytics. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(4), 790-803.
- Manyika, J., Chui, M., Brown, B., Bughin, J., Dobbs, R., Roxburgh, C., & BYERS, A. H. (2011). *Big data: The next frontier for innovation, competition, and productivity*. McKinsey Global Institute.
- Marin, I., & Goga, N. (2019). Learning analytics software for medical students regarding pregnancy complications. 13th International Technology, Education and Development Conference, pp. 3350-3359.
- Nguyen, A., Gardner, L., & Sheridan, D. (2018). Building an ontology of learning analytics. *Proceedings of the 22nd Pacific Asia Conference on Information Systems (PACIS)*.

- Nouira, A., Cheniti-Belcadhi, L., & Braham, R. (2017a). A semantic web based architecture for assessment analytics. IEEE 29th International Conference on Tools with Artificial Intelligence (ICTAI), pp. 1190-1197.
- _____. (2017b). An ontological model for assessment analytics. Proceedings of the 13th International Conference on Web Information Systems and Technologies, v.1, p. 243-251.
- _____. (2018). An Enhanced xAPI Data Model Supporting Assessment Analytics. Procedia Computer Science, v.126, p. 566-575.
- _____. (2019). An ontology-based framework of assessment analytics for massive learning. Computer Application in Engineering Education, 27(6), 1343-1360.
- Rabelo, T., Lama, M., Amorim, R. R., Vidal, J. C. (2015). SmartLAK: A big data architecture for supporting learning analytics services. Proceedings - Frontiers in Education Conference, v. 2015, pp. 1-5, dec. 2015.
- Siemens, G; Long, P. (2011). Penetrating the fog: Analytics in learning and education. Educause Review, v. 46, n. 5, pp. 30-32, 2011.
- Society For Learning Analytics Research - SoLAR. What is learning analytics? Solar Research (Homepage), 2020. Disponível em: <https://www.solaresearch.org/about/what-is-learning-analytics>. Acessado: 21 jan. 2021.
- Softic S., De Vocht, L., Taraghi, B., Ebner, M., Mannens, E., De Walle, R. V. (2013). Monitoring learning activities in PLE using semantic modelling of learner behaviour. In: Holzinger A., Ziefle M., Hitz M., Debevc M. (eds) Human Factors in Computing and Informatics. SouthCHI 2013. Lecture Notes in Computer Science, v. 7946. Springer, 2013.
- Softic S., Taraghi, B., Ebner, M., De Vocht, L., Mannens, E., De Walle, R. V. (2014). Leveraging learning analytics in a personal learning environment using linked data. Bulletin of the Technical Committee on Learning Technology. v. 16, n. 4, pp. 10-13, dez. 2014.
- Sun G. Cui, T., Beydoun, G., Chen, S., Dong, F., Xu, D., Shen, J. (2017). Towards massive data and sparse data in adaptive micro open educational resource recommendation: A

study on semantic knowledge base construction and cold start problem. Sustainability (Switzerland), v. 9, n. 6, mai. 2017.

Vidal J. C.; Rabelo T.; Lama M. (2015). Semantic Description of the Experience API Specification. 15th International Conference on Advanced Learning Technologies, pp. 268-269, 2015.

Vidal J. C., Rabelo, T., Lama, M., Amorim, R. (2018). Ontology-based approach for the validation and conformance testing of xAPI events. Knowledge-Based Systems, v. 155, pp. 22-34, set. 2018.

Zouaq A.; Joksimovic S.; Gašević D. (2013). Ontology learning to analyze research trends in learning analytics publications. Proceedings of the 3rd Conference on Learning Analytics and Knowledge, v. 974, jan. 2013.