

OntoObADI: Uma Ontologia para Repositório Web Semântico de Objetos de Aprendizagem Digitais

Samuel Müller Forrati, Miguel Ecar¹,
Alice Fonseca Finger¹, João Pablo Silva da Silva¹

¹LabISE - Laboratory of Intelligent Software Engineering
Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA)
Av. Tiarajú, 810, Ibirapuitã – Alegrete, RS – Brasil

samuel.forrati@gmail.com; miguel@ecarsm.com
{alicefinger, joaosilva}@unipampa.edu.br

Abstract. *Digital Learning Objects (DLOs) facilitate teaching, but the lack of diversity and difficulty in organizing traditional repositories hinder their reuse. The Semantic Web emerges as a solution, with ontologies playing a key role in this approach. This work presents OntoOBADI, developed to structure and describe DLOs in semantic web repositories. The methodology includes a literature review, requirements gathering, development using Ontology Development 101, specification in Web Ontology Language (OWL), and evaluation through the Focus Group technique. The results validated its representation capacity, with positive participant feedback and suggestions for improvement.*

Resumo. *Objetos de Aprendizagem Digitais (OADS) facilitam o ensino, mas a falta de diversidade e a dificuldade de organização dos repositórios tradicionais comprometem seu reúso. A Web Semântica surge como solução, e as ontologias desempenham um papel essencial nessa abordagem. Este trabalho apresenta a Ontologia de Objetos de Aprendizagem Digitais (OntoObADI), desenvolvida para estruturar e descrever OADS em repositórios web semânticos. A metodologia inclui pesquisa bibliográfica, levantamento de requisitos, desenvolvimento com Ontology Development 101, especificação em Web Ontology Language (OWL) e avaliação por Grupo Focal. Os resultados validaram sua capacidade de representação, com boa aceitação e sugestões de melhoria.*

1. Introdução

Os Objetos de Aprendizagem Digitais (OADS) são recursos eletrônicos reutilizáveis que apoiam o ensino e a aprendizagem, adaptados às necessidades específicas dos usuários. Possuem objetivos pedagógicos definidos, conteúdo autocontido, instrucional e interativo, permitindo fragmentar cursos, softwares e vídeos em partes menores para diferentes contextos educacionais [Wiley 2000, Braga 2015, Carneiro and Silveira 2014, Aguiar and Flôres 2014]. Esses objetos podem ser avaliados pelas perspectivas pedagógica (interatividade, autonomia, cooperação e cognição) e técnica (acessibilidade, compatibilidade, eficiência, flexibilidade e reusabilidade). Exemplos incluem *slides*, *podcasts*, hipertextos, imagens, *quizzes*, simuladores, softwares educativos, textos digitais e vídeos educativos, promovendo aprendizagem dinâmica e multimodal [Dias et al. 2009, Galafassi et al. 2013, Braga et al. 2012, ISO/IEC 2023, Nesbit et al. 2001].

[Carneiro and Silveira 2014] destacam que garantir o reúso dos OADs requer sua disponibilização em repositórios Web acessíveis, organizados e bem descritos. No entanto, há limitações relacionadas à diversidade desses repositórios, dificuldades na busca, categorização e problemas de acesso, como links inativos ou restritos [Medeiros et al. 2021, Alcantara et al. 2015]. Além disso, o uso de formatos proprietários ou não estruturados compromete o compartilhamento e a reutilização dos OADs [Alcantara et al. 2015, Marcondes and Sayão 2009, Medeiros et al. 2021].

A Web Semântica melhora a organização e a padronização das informações na Web, tornando-as comprehensíveis por máquinas e facilitando o compartilhamento automático de dados [Berners-Lee et al. 2001, Breitman 2005]. Proposta por [Berners-Lee et al. 2001], ela busca superar as limitações da Web Sintática, onde o computador apenas exibe informações sem interpretá-las, resultando em grande volume de dados, porém com baixa precisão [Breitman 2005]. Nesse contexto, as ontologias são essenciais, pois estruturam conceitos e relações dentro de um domínio específico, funcionando como vocabulários formais que reduzem ambiguidades e garantem uma interpretação consistente dos dados [Studer et al. 1998, Gruber 2009].

Na Ciência da Computação, as ontologias representam conhecimento por meio de classes, atributos e relacionamentos estruturados em taxonomias [Gruber 1993, Studer et al. 1998, Almeida and Bax 2003]. Elas podem variar de informais a rigorosamente formais, classificadas segundo formalismo, aplicação, conteúdo e função, adequando-se a diferentes contextos [Morais and Ambrósio 2007, Sanches 2022]. As ontologias são essenciais à Web Semântica, atuando como vocabulários que tornam conteúdos comprehensíveis para máquinas, possibilitando a automação no tratamento das informações [Berners-Lee et al. 2001, Isotani and Bittencourt 2015]. Podem ser desenvolvidas por métodos iterativos, como o *Ontology Development 101*, e especificadas em linguagens padronizadas como a OWL, recomendação do W3C voltada à criação e compartilhamento de documentos semânticos estruturados [Noy and McGuinness 2001, Breitman 2005, W3C OWL Working Group 2009].

Diante desse contexto, torna-se oportuno aplicar os conceitos de Web Semântica no desenvolvimento de um Repositório de OADs, que possibilite buscas precisas, compartilhamentos eficientes e reúso dos objetos entre diferentes áreas de conhecimento. Um passo fundamental para viabilizar essa solução é a elaboração de um modelo ontológico que descreva o domínio de conhecimento de OADs.

Propõe-se neste trabalho a OntoObADi, uma ontologia de aplicação que formaliza os conceitos e relações necessárias para viabilizar a implementação de um Repositório Web Semântico de OADs.

A OntoObADi foi desenvolvida por meio do método *Ontology Development 101* proposto por [Noy and McGuinness 2001]. O modelo ontológico foi especificado em OWL¹ com o suporte da ferramenta Protégé². A ontologia foi avaliada por meio da técnica de Grupo Focal, conforme descrito por [Kontio et al. 2004], onde foi evidenciado que o modelo atende ao objetivo proposto.

O restante deste trabalho está organizado da seguinte forma: na Seção 2 são sinte-

¹<https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-overview-20121211/>

²<https://protege.stanford.edu/>

tizados os trabalhos relacionados, com o intuito de abordar os trabalhos relevantes encontrados na literatura, alinhados com o tema do trabalho; na Seção 3 é reportada a execução do método *Ontology Development 101*, usado para desenvolver o modelo ontológico proposto; na Seção 4 são apresentados o planejamento e a execução do grupo focal proposto para avaliar a OntoObADI; na Seção 5 é descrito o modelo conceitual final da OntoObADI por meio de um mapa conceitual; por fim, na Seção 6 são relatadas as considerações finais e sugestões de trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Entre os trabalhos relacionados se destaca o estudo de [Lopes 2012], que investigou o uso de OADs no ensino de Matemática para alunos com deficiência visual no Ensino Médio, utilizando estratégias de mediação. Baseado no padrão de acessibilidade do Projeto Objetos de Aprendizagem baseados em Agentes (OBAA), o estudo qualitativo identificou estratégias pedagógicas por meio de observação participante, entrevistas e análise de conteúdo, resultando na criação de uma ontologia que representa estratégias educacionais e requisitos acessíveis dos OADs.

Outro estudo relevante é o padrão OBAA proposto por [Vicari et al. 2009], que estabelece uma estrutura de metadados educacionais adaptada ao contexto brasileiro. Em uma linha semelhante e mais recente, [Alvarenga and Cristovão 2023] propõem uma ontologia de domínio para organizar Objeto de Aprendizagem (OA) com base no padrão internacional LOM-IEEE, visando melhorar a interoperabilidade em repositórios.

Já [Afonso 2016] desenvolveu um sistema híbrido de recomendação de Objetos de Aprendizagem de Línguas (OALs) baseado em técnicas de Inteligência de Enxames, visando atender às especificidades pedagógicas do ensino de línguas por meio de algoritmos colaborativos e baseados em conteúdo, com resultados eficazes comprovados experimentalmente. Por fim, no trabalho de [Oliveira et al. 2020], é apresentada uma ontologia de objetivos educacionais, trazendo o conceito da Taxonomia de Bloom, para organizar e classificar OA.

3. Desenvolvimento da OntoObADI

A OntoObADI foi desenvolvida segundo o método *Ontology Development 101* [Noy and McGuinness 2001]. Na etapa inicial, *Definição do Domínio e Escopo*, estabeleceu-se que a OntoObADI seria uma ontologia de aplicação, voltada à formalização de conceitos e relações para um Repositório Web Semântico de OADs. Para definir seu escopo, foram realizadas entrevistas abertas, levantamento de requisitos com educadores e análise da literatura relacionada (Seção 2). Em entrevista aberta conduzida em abril de 2023, uma professora apontou dificuldades na busca por atividades didáticas em repositórios privados e inacessíveis. Posteriormente, em outubro de 2023, foi realizado um levantamento de requisitos com educadores, visando identificar questões essenciais para a aplicação da ontologia aos OADs.

Com base nos dados coletados, foram definidas as Questões de Escopo da Ontologia (QEO), as quais a OntoObADI deve responder: **QEO 1** – Quais referências bibliográficas fundamentam os OADs? **QEO 2** – Como os OADs são classificados de acordo com seus diferentes tipos? **QEO 3** – Como classificar os OADs de acordo com níveis de interatividade? **QEO 4** – Quais áreas do conhecimento o OAD pertence? **QEO 5**

– Quais Recursos de Acessibilidade o OAD possui? **QEO 6** – Quais ambientes virtuais de aprendizagem são compatíveis com os OADs? Complementarmente, estabeleceu-se que os principais **usuários** da OntoObADI são professores de qualquer área, enquanto os **mantenedores** incluem todas as pessoas que contribuem para a criação de OADs.

Na segunda etapa, foram pesquisados trabalhos relacionados (ver Seção 2) que abordam ontologias para repositórios de OADs. Posteriormente, aquelas encontradas foram reutilizadas conceitualmente e os conceitos foram incluídos no glossário de termos, dada a impossibilidade de *download* da especificação formal. A terceira etapa do desenvolvimento da OntoObADI consistiu na enumeração de termos relevantes para a ontologia, resultando inicialmente em 583 conceitos extraídos por meio do reutilização conceitual das ontologias relacionadas (ver Seção 2) e do levantamento de requisitos com educadores. Complementarmente, inteligência artificial generativa foi usada como fonte adicional para explorar e identificar vocabulários relevantes, sem substituir o rigor da curadoria e validação humana dos termos incorporados na ontologia. Desses, 119 foram classificados como candidatos a classes, 259 a propriedades e 205 a indivíduos. O glossário passou por diversas iterações de refinamento, onde redundâncias foram eliminadas, sinônimos tratados, conceitos fora do domínio removidos e conceitos substituídos por versões mais expressivas. A Tabela 1 detalha as fontes consultadas e os quantitativos extraídos (E) e selecionados (S) para a ontologia.

Tabela 1. Fontes consultadas para compor o glossário de termos da OntoObADI

Tipo	Fonte	Classes		Propriedades		Indivíduos		Total	
		E	S	E	S	E	S	E	S
Bibliográfica	Trabalho relacionado 1 [Lopes 2012]	1	1	7	0	1	0	9	1
Bibliográfica	Trabalho relacionado 2 [Vicari et al. 2009]	6	4	44	2	1	0	51	6
Bibliográfica	Trabalho relacionado 3 [Afonso 2016]	7	0	9	0	0	0	16	0
Bibliográfica	Artigo [de Souza and de Oliveira 2021]	0	0	0	0	1	0	1	0
Bibliográfica	Artigo [Rebouças et al. 2021]	2	0	0	0	8	1	10	1
Bibliográfica	Especificação [IEEE 2020]	2	1	0	0	4	0	6	1
Bibliográfica	Licença [Creative Commons 2024, CAPES 2023]	0	0	1	1	3	0	4	1
Bibliográfica	Livro [Fischer 2008]	1	0	0	0	0	0	1	0
Bibliográfica	Livro [Braga 2015]	0	0	0	0	1	0	1	0
Bibliográfica	Norma [ABNT 2018]	2	1	8	5	5	1	15	7
Bibliográfica	Áreas do conhecimento [CAPES 2022]	2	0	0	0	0	0	2	0
Bibliográfica	Taxonomia [Anderson et al. 2013]	0	0	0	0	6	6	6	6
Bibliográfica	Diretrizes [W3C 2018]	1	1	0	0	4	4	5	5
Humana	Entrevista aberta	0	0	1	0	1	0	2	0
Humana	Levantamento de Requisitos	46	0	37	0	42	0	125	0
Humana	Autoria própria	23	6	44	6	38	3	105	15
IA Generativa	ChatGPT	26	2	108	2	90	0	224	4
Total	Todas as fontes	119	16	259	16	205	15	583	47

A quarta etapa do desenvolvimento da OntoObADI consistiu na definição das classes e de sua hierarquia, apoiada pelo glossário de termos da etapa anterior, que passou por uma nova iteração para refinamento dos conceitos. A partir desse glossário, foi modelado conceitualmente o conjunto de classes e a hierarquia de termos em uma estrutura de árvore, seguindo uma abordagem *top-down*, partindo de conceitos gerais do domínio para depois especializá-los. A quinta etapa se concentrou na descrição interna das classes da ontologia, refinando o glossário de termos e definindo propriedades para responder às QEO.

A sexta etapa do desenvolvimento envolveu a definição de restrições, como

o tipo de valor preenchível, a cardinalidade e as propriedades do tipo objeto [Noy and McGuinness 2001]. Além disso, após várias iterações de construção e refinamento do glossário, a versão final apresenta um total de 47 termos selecionados: 16 classes, 16 propriedades e 15 indivíduos. Esses quantitativos estão representados na Tabela 1, e os conceitos utilizados são detalhados na Tabela 2. A sétima etapa focou na criação de instâncias, realizando um teste interno para verificar se a OntoObADI poderia representar um OAD de forma coerente.

Tabela 2. Fontes e conceitos utilizados na OntoObADI

Tipo	Fonte	Conceito(s) reutilizado(s)
Bibliográfica	Trabalho relacionado 1 [Lopes 2012]	Área do conhecimento
Bibliográfica	Trabalho relacionado 2 [Vicari et al. 2009]	Nome, Palavra-chave, Licença, Nível de interatividade, Plataforma Educacional, Idioma, Público-alvo
Bibliográfica	Especificação [IEEE 2020]	OA Textual
Bibliográfica	Licença [Creative Commons 2024, CAPES 2023]	Versão
Bibliográfica	Norma [ABNT 2018]	OA Audiovisual, Autor, Editora, Cidade, Data de publicação, Link de publicação, Meio de publicação
Bibliográfica	Taxonomia [Anderson et al. 2013]	Memorização, Entendimento, Aplicação, Análise, Avaliação, Criação
Bibliográfica	Diretrizes [W3C 2018]	Acessibilidade, Compreensão, Robustez, Percepção, Operação
Humana	Autoria própria	Objeto de Aprendizagem, OA Simples OA Composto, OA Gráfico, Instrumento de avaliação, Data de criação, Artigo, Livro, Descrição, Versão do software, Veículo de publicação, Referência Bibliográfica, Ano de publicação, Objetivo de aprendizagem, Ambiente Virtual de Aprendizagem
IA Generativa	ChatGPT	OA Digital, Requisitos de software, Requisitos de hardware

4. Avaliação da OntoObADI

A OntoObADI foi avaliada por meio de Grupo Focal com base nas diretrizes de [Kontio et al. 2004]. O objetivo central foi realizar uma validação técnica do modelo ontológico, focando em sua expressividade, corretude e completude para representar os OAD. É importante ressaltar que o escopo desta avaliação focou no modelo conceitual, não abrangendo, neste momento, testes de aplicação ou usabilidade da ontologia em um repositório funcional, que são considerados trabalhos futuros.

A avaliação não foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) por não configurar-se como pesquisa envolvendo seres humanos nos termos da Resolução 466/2012 e suas complementares do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Não houve coleta de dados sensíveis, intervenção direta na saúde ou bem-estar dos participantes, nem exposição a riscos de qualquer natureza. As interações se restringiram à discussão técnica sobre a estrutura da OntoObADI, visando seu aprimoramento e adequação.

O escopo dessa avaliação foi definido utilizando o *template* Goal-Question-Metric (GQM) [Van Solingen and Berghout 1999]: **Analisar** a ontologia de aplicação OntoObADI, **no intuito de** verificar a expressividade, **no que tange** a conceitos ligados a Objetos de Aprendizagem Digitais, **na perspectiva** dos pesquisadores, **no contexto de** sujeitos que instanciam a OntoObADI.

A avaliação foi realizada em duas sessões, cada uma com três participantes distintos, totalizando seis avaliadores. Quanto ao perfil dos participantes, foram selecionados profissionais de áreas variadas, como Informática, Sistemas de Informação, Pedagogia, Matemática, Educação Especial e Psicologia, garantindo assim diferentes perspectivas

sobre o modelo. O critério de inclusão exigia que todos tivessem noções básicas sobre OAD. Além disso, para garantir a avaliação técnica, ao menos um participante de cada sessão era professor de informática com experiência na criação de OAD, enquanto os demais possuíam conhecimento básico sobre OAD.

O roteiro da sessão incluiu: (i) abertura da sessão com apresentação das informações gerais sobre o estudo, leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e autorização para o uso dos dados gerados na sessão; (ii) nivelamento de conceitos básicos sobre Modelagem Conceitual e OADs; (iii) início das discussões dos participantes sobre a modelagem conceitual da OntoObADI e aplicação das questões descritivas; (iv) final da sessão, com coleta das opiniões finais e agradecimentos pela participação dos envolvidos.

Para a execução das sessões foram preparados os seguintes materiais, todos impressos e distribuídos aos participantes: apresentações em slides; formulários com 11 questões descritivas, além de espaço para comentários adicionais sobre a modelagem; modelos conceituais e folhas para anotações.

4.1. Execução das Sessões

A avaliação da OntoObADI foi realizada em duas sessões de Grupo Focal, seguindo o planejamento de forma cuidadosa. Cada sessão contou com um moderador, um revisor e três participantes, permitindo que diferentes perspectivas fossem levantadas e discutidas.

A primeira sessão ocorreu em 6 de junho de 2024, com duração de 1h48min, onde os participantes apontaram limitações e sugeriram melhorias na modelagem da OntoObADI. Sobre **como são descritas as características dos OADs?**, identificou-se uma confusão conceitual entre Plataforma de Aprendizagem e Repositório de OADs, indicando necessidade de maior clareza. Os participantes discutiram se um objeto não disponibilizado em plataforma poderia ser considerado OA, reforçando a exigência de depósito em plataforma. Já na questão **de que maneira os OADs são fundamentados?**, o grupo sugeriu ampliar o conceito de Referência Bibliográfica, incluindo também teses e dissertações, garantindo maior abrangência nas fundamentações teóricas dos objetos. Ao abordar **como são definidos os Recursos de Acessibilidade?**, o debate evidenciou a importância de relacionar acessibilidade diretamente ao Público-Alvo específico, destacando tipos de deficiência como surdez e cegueira, sugerindo melhorias nessa relação conceitual.

Na discussão sobre **como se definem as plataformas de aprendizagem suportadas?**, os participantes identificaram a necessidade de maior detalhamento técnico, propondo adicionar atributos específicos para Especificação de Hardware e Software, visando melhor adequação dos OADs às plataformas disponíveis. Ao debaterem **como se estabelecem as formas de licenciamento** dos OADs, os participantes destacaram a existência de diversos tipos de licença além da *Creative Commons*. O grupo sugeriu criar um atributo diferenciando licenças públicas e proprietárias e estabelecer relação direta entre Licença e Plataforma de Aprendizagem. No encerramento, foi sugerida a inclusão do atributo versão no conceito de OAD, destacando a relevância de controlar atualizações e compatibilidade. Além disso, reforçou-se a necessidade de especificar versões compatíveis dos softwares exigidos pelos objetos.

A segunda sessão do grupo focal, também realizada em 06 de junho de 2024,

com duração de 2h2min, gerou novas contribuições importantes ao modelo conceitual da OntoObADi. Na discussão sobre **como são descritas as características dos OADs**, destacou-se a ausência da categoria Inteligência Artificial (IA). O grupo sugeriu, então, criar um subconceito específico para os OADs gerados por inteligência artificial. Ao abordar a **fundamentação envolvida na criação dos OADs**, surgiu a necessidade de incluir um atributo Idioma no conceito Referência Bibliográfica, permitindo identificar claramente a língua das fontes utilizadas. Na questão sobre a **definição dos Recursos de Acessibilidade**, os participantes sugeriram criar sub-conceitos no conceito Acessibilidade, incorporando elementos como Intuitivo e conteúdos multimídia opcionais ao usuário, incluindo imagem, texto, vídeo em Língua Brasileira de Sinais (Libras) e áudio.

Durante a discussão sobre **como são indicados os autores?**, os participantes sugeriram ampliar o conceito Autor para permitir a identificação clara quando a autoria dos OADs for atribuída à inteligência artificial ou a pessoas. Em relação a **como se estabelecem as formas de licenciamento**, o grupo recomendou diferenciar claramente os tipos de licenças disponíveis (livre, paga, aberta para modificações), ampliando assim a clareza sobre direitos de uso. Por fim, no debate sobre **definição dos tipos de interatividade**, o grupo destacou a necessidade de incluir o subconceito Conversação no conceito Interatividade, diferenciando interações individuais e aquelas que envolvem cooperação entre pessoas.

4.2. Resultados Obtidos

Baseando-se nas discussões realizadas nas sessões, foi construída uma lista que sintetiza as limitações e sugestões de melhorias para o modelo conceitual da OntoObADi. As propostas levantadas pelos grupos foram analisadas considerando sua compatibilidade com os objetivos da ontologia, resultando na implementação das correções necessárias no modelo. A Tabela 3 apresenta os resultados organizados de forma consolidada.

Tabela 3. Resultados da Avaliação de Limitações e Melhorias

ID	Grupo	Tipo	Contribuição	Nome	Comentário do Grupo	Status	Observação
Q1	GF1	Classe	Limitação	Plataforma de Aprendizagem	Interpretado como Repositório de OADs.	Aceito	Alterada para Ambiente Virtual de Aprendizagem.
Q1	GF2	Classe	Melhoria	Objetos de Aprendizagem Digitais	Sugestão de sub-classe inteligência artificial.	Não aceito	IA não é sub-classe de OAD, mas ferramenta de criação.
Q3	GF1	Classe	Melhoria	Referência Bibliográfica	Sugestão de sub-classes Teses e Dissertações.	Aceito em partes	Incluída classe Trabalho Acadêmico e propriedade tipo dado afiliação acadêmica.
Q3	GF2	Classe	Melhoria	Referência Bibliográfica	Sugestão de atributo idioma.	Não aceito	Detalhamento não necessário para OAD.
Q4	GF1	Propriedade	Melhoria	Acessibilidade	Indicar Acessibilidade a um Público-alvo específico.	Aceito	Adicionada propriedade tipo objeto indicado para um ou mais Público-alvo.
Q4	GF2	Classe	Melhoria	Acessibilidade	Sugestão de sub-classe Intuitivo com opções multimídia.	Não aceito	Já englobado em Compreensível [W3C 2018]. Usar atributo descrição.
Q5	GF1	Propriedade	Melhoria	Plataforma de Aprendizagem	Falta de propriedades como hardware e software.	Aceito em partes	Criadas propriedades tipo dado requisito de software e requisito de hardware em OAD.
Q7	GF2	Classe	Melhoria	Autor (do OAD)	Identificar se o autor é IA.	Aceito em partes	Criada propriedade tipo dado conteúdo gerado por IA em OAD.
Q8	GF1	Classe	Melhoria	Licença	Detalhamento sobre Depósito/Local/Plataforma.	Não aceito	Licença refere-se ao OAD, não à plataforma.
Q8	GF2	Atributo	Melhoria	Licença	Inserir propriedade tipo de licença.	Não aceito	Propriedade tipo dado nome já diferencia licenças [CAPES 2023, University of Colorado 2024].
Q11	GF2	Classe	Melhoria	Interatividade	Inserir sub-classe Conversação (interação entre pessoas).	Implementação futura	Necessária pesquisa em profundidade, implementação futura.

Das 11 contribuições sugeridas pelos grupos, 18,2% (2 sugestões) foram aceitas integralmente, enquanto 27,3% (3 sugestões) foram parcialmente aceitas, com ajustes

no modelo para sua inclusão, somando um total de 45,5% de correções implementadas. Por outro lado, 45,5% (5 sugestões) foram descartadas por estarem fora do escopo da ontologia, e 9,1% (1 sugestão) foi designada como uma implementação futura devido à alta complexidade nesta fase avançada do desenvolvimento da ontologia.

4.3. Ameaças à Validade

Quanto à **Validade Interna**, a ameaça de *História* foi reduzida ao realizar as sessões no mesmo dia; a *Instrumentação*, pela revisão prévia dos instrumentos por múltiplos pesquisadores; e a *Maturação*, controlando-se o tempo das sessões (até duas horas). Quanto à **Validade Externa**, aumentou-se a representatividade com participantes de áreas variadas, reduzindo a *Interação da seleção e tratamento*, e consultou-se previamente o grupo para evitar interferências externas (*Interação da História e Tratamento*).

Quanto à **Validade de Construção**, controlou-se o *Viés do pesquisador* com roteiro revisado por múltiplos pesquisadores, e o *Viés de método único* com duas sessões complementadas por outras fontes. O *Viés de resposta* foi reduzido pelo anonimato e confidencialidade. Quanto à **Validade de Conclusões**, a ameaça de *heterogeneidade dos sujeitos* foi minimizada pela seleção de participantes com conhecimentos básicos em OADs. O *Viés de Seleção* foi tratado pela revisão colaborativa do processo, enquanto a padronização da aplicação do tratamento foi garantida por um revisor auxiliar externo, egresso do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Software (PPGES) da Unipampa, com experiência em Grupo Focal, cuja função foi observar as sessões e garantir que o roteiro e o tempo fossem aplicados de forma padronizada em ambos os grupos.

5. Modelo Conceitual da OntoObADI

A versão final da OntoObADI foi desenvolvida no formato de Mapa Conceitual, complementada por uma descrição textual que detalha as classes, propriedades e suas restrições. A Figura 1 apresenta a OntoObADI graficamente, criada utilizando o software CmapTools³ para representar visualmente a estrutura e organização ontológica.

No topo da hierarquia está o conceito *Coisa*, uma classe nativa da OWL, que representa o conceito mais genérico e fundamental da ontologia [W3C OWL Working Group 2009]. Ela possui uma propriedade do tipo dado chamada *nome*, atribuída como obrigatória. Todas as sub-classes diretamente associadas ou derivadas de *Coisa* herdam essa propriedade. No centro da modelagem está a classe *Objeto de Aprendizagem Digital* (OAD), baseada em [Wiley 2000], contendo propriedades como *conteúdo gerado por IA*, *palavra-chave*, *requisito de hardware e software*, *descrição*, *data de criação*, *objetivo de aprendizagem*, *instrumento de avaliação*, *link de publicação* e *versão do objeto*, todas com restrições específicas. A classe OAD possui subclasses especializadas: *Objeto de Aprendizagem Simples* – subdividida em Audiovisual, Textual, Software e Gráfico – fundamentada por [Rebouças et al. 2021, Braga 2015, IEEE 2020, de Macêdo et al. 2007, de Souza and de Oliveira 2021], e *Objeto de Aprendizagem Composto*, que permite hierarquias do tipo “parte-todo”, seguindo o padrão *composite* de [Machado et al. 2016].

No canto superior esquerdo do modelo está a classe *Autor*, baseada na NBR 6023:2018 [ABNT 2018], que identifica a autoria do OAD por meio da propriedade

³<https://cmap.ihmc.us/cmaptools/>

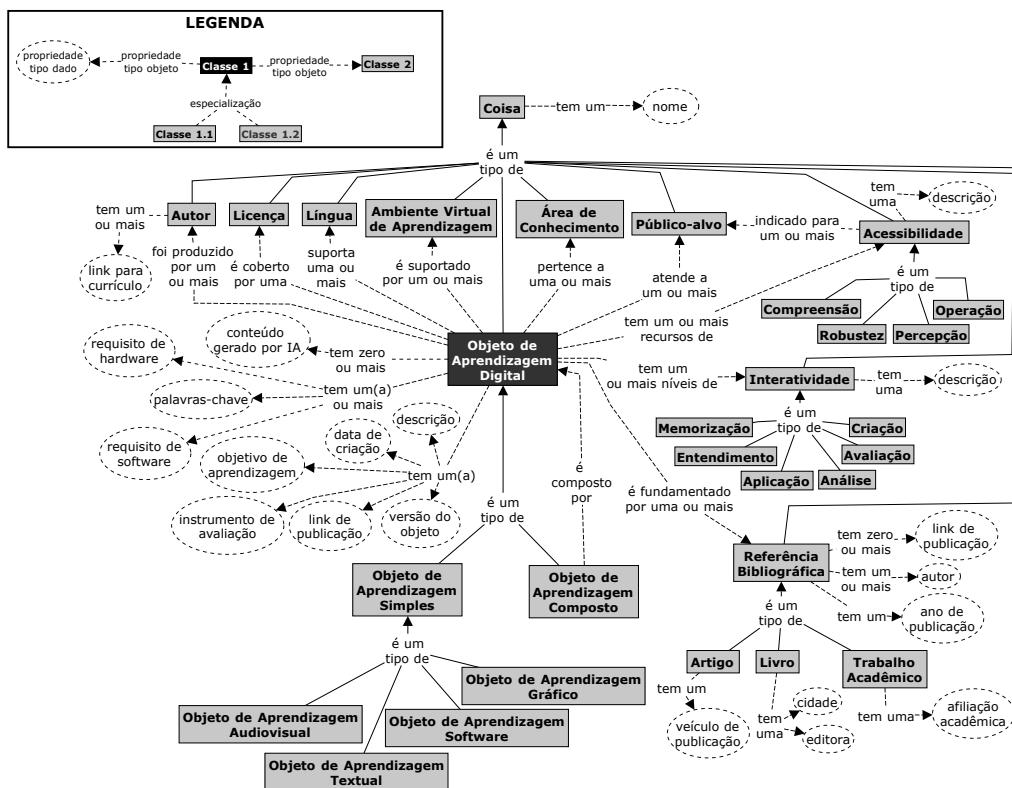


Figura 1. Versão final da OntoObADI

link para currículo. Em seguida, a classe *Licença*, inspirada no conceito de licença do Creative Commons [Creative Commons 2024], define o tipo de licença associada ao OAD. A classe *Língua*, fundamentada nos estudos de [Vicari et al. 2009, Vetromille-Castro et al. 2013], representa o idioma utilizado no objeto. Além dessas, estão representadas as classes *Ambiente Virtual de Aprendizagem*, descrevendo plataformas suportadas; *Área de Conhecimento*, orientada pela tabela da [CAPES 2022]; e *Público-alvo*, importada de [Vicari et al. 2009], identificando os diferentes grupos atendidos pelo OAD.

No canto superior direito da modelagem, ao lado da classe anteriormente apresentada, está representada a classe *Acessibilidade*, cuja modelagem foi baseada nas Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web (WCAG) 2.1 [W3C 2018]. Ela busca representar os tipos de acessibilidade oferecidos pelo OAD, visando garantir acesso e interação a um público diversificado. A classe *Acessibilidade* possui uma propriedade do tipo dado denominada *descrição*, que permite detalhar as características de acessibilidade implementadas. Além disso, ela inclui as seguintes subclasses: *Compreensão*, *Robustez*, *Percepção* e *Operação*, cada uma representando dimensões específicas das diretrizes de acessibilidade, de forma a descrever aspectos como a facilidade de compreensão, compatibilidade técnica, percepção visual e auditiva, e a capacidade de interação dos usuários com os recursos disponibilizados.

Logo abaixo da classe anterior, está representada a classe *Interatividade*, modelada com base na Taxonomia de [Anderson et al. 2013]. Ela alinha as atividades e conteúdos interativos do OAD com os diferentes níveis de processos cognitivos envolvidos. Ela

possui uma propriedade do tipo dado denominada *descrição*, e é especializada por sub-classes que representam os níveis cognitivos: *Memorização, Entendimento, Aplicação, Análise, Avaliação e Criação*.

Por fim, no canto inferior direito do modelo, está representada a classe *Referência Bibliográfica*, fundamentada na NBR 6023:2018 [ABNT 2018], que descreve o embasamento utilizado pelo autor na construção do OAD. A mesma possui propriedades do tipo dado, como *autor*, *link de publicação* e *ano de publicação*. Além disso, *Referência Bibliográfica* é especializada em subclasse que abrangem diferentes tipos de referência, cada uma com propriedades do tipo dado específicas: *Artigo* - veículo de publicação; *Livro* - editora e cidade; *Trabalho Acadêmico* - afiliação acadêmica.

A OntoObADI foi especificada formalmente na linguagem OWL, utilizando o software Protégé. O arquivo OWL contém a estrutura conceitual e as relações definidas na ontologia, oferecendo um modelo aplicável em Repositórios Web Semânticos de OADs para facilitar a organização, busca e reutilização dos objetos. A versão final do modelo está disponível no repositório GitHub, acessível através do link fornecido⁴.

6. Conclusão

O objetivo deste trabalho foi apresentar a OntoObADI, uma ontologia de aplicação desenvolvida para formalizar os conceitos e relações necessários à implementação de um Repositório Web Semântico de OADs. A OntoObADI foi especificada em OWL, utilizando o método *Ontology Development 101*, e avaliada por meio da técnica de Grupo Focal, demonstrando atender aos objetivos propostos.

A OntoObADI visa contribuir significativamente para a Web Semântica ao fornecer uma base estruturada para descrever OADs, possibilitando integrar-se a sistemas baseados em conhecimento e, assim, buscar superar limitações dos repositórios tradicionais, como dificuldades na busca, organização e categorização dos conteúdos. A avaliação realizada por professores quanto à corretude e completude do modelo, evidenciou que o ele é capaz de gerar instâncias coerentes e alinhadas com o domínio dos OADs. Diante disso, conclui-se que os objetivos deste trabalho foram atingidos, com a disponibilização de um modelo ontológico formal e estruturado que atende aos requisitos propostos, acompanhado de uma modelagem conceitual e descrição textual que facilitam a compreensão do modelo.

Para trabalhos futuros, sugere-se implementar um repositório baseado na OntoObADI, ampliando sua aplicação a um maior número de instâncias de OADs e explorando características específicas, como outros níveis de interatividade. Recomenda-se também expandir o modelo para contemplar Objetos de Aprendizagem Analógicos, promovendo uma abordagem mais ampla da ontologia.

Artefatos

Em consonância com os princípios da ciência aberta, a versão final da OntoObADI, bem como os artefatos utilizados durante a sua avaliação estão disponíveis publicamente. O arquivo OWL da ontologia contém a estrutura conceitual e as relações definidas na ontologia, podendo ser reutilizado em repositórios Web Semânticos de OADs.

⁴Arquivo OWL da OntoObADI: https://github.com/samuelforrati/ontoobadi/blob/main/OntObADI_v2.owl

Os artefatos estão licenciados sob os termos da MIT License, permitindo ampla reutilização e modificação. O acesso pode ser feito pelo seguinte repositório: https://zenodo.org/communities/ontooobadi_pesquisa.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPERGS pelo apoio financeiro (Projeto ARD/ARC - processo 23/2551-0000761-4) e ao CNPq pela concessão de bolsa de Iniciação Científica.

Referências

- ABNT (2018). *NBR 6023: Informação e Documentação: Referências: Elaboração*. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), Rio de Janeiro. GS Search.
- Afonso, P. d. A. (2016). Recomendação de objetos de aprendizagem de línguas baseada em inteligência de enxames. Master's thesis, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. Recurso online GS Search.
- Aguiar, E. V. B. and Flôres, M. L. P. (2014). *Objetos de Aprendizagem: Conceitos Básicos*, chapter 1. Evangraf. GS Search.
- Alcantara, W., Bandeira, J., Barbosa, A., Lima, A., Ávila, T., Bittercourt, I., and Isotani, S. (2015). Desafios no uso de dados abertos conectados na educação brasileira. In *Workshop de Desafios da Computação aplicada à Educação (DesafIE!)*, volume 8, pages 11–20, Brasília. SBC. GS Search.
- Almeida, M. B. and Bax, M. P. (2003). Uma visão geral sobre ontologias: Pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. *Ciência da Informação*, 32:7–20. GS Search.
- Alvarenga, V. B. L. and Cristovão, H. M. (2023). Objetos de aprendizagem organizados com base no padrão lom-ieee adaptado a uma ontologia operacional de domínio na web semântica. *Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação*, 16(1):263–285. GS Search.
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., et al. (2013). *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives, Abridged Edition*. Pearson New International Edition, United Kingdom. GS Search.
- Berners-Lee, T., Hendler, J., and Lassila, O. (2001). The semantic web: A new form of web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American*, 284(5):35–43. GS Search.
- Braga, J. C. (2015). *Objetos de Aprendizagem Volume 1: Introdução e Fundamentos*. UFABC, Santo André. GS Search.
- Braga, J. C., Dotta, S., Pimentel, E., and Stransky, B. (2012). Desafios para o desenvolvimento de objetos de aprendizagem reutilizáveis e de qualidade. In *Anais do Workshop de Desafios da Computação Aplicada à Educação*, pages 90–99. GS Search.
- Breitman, K. K. (2005). *Web Semântica: A Internet do Futuro*. LTC, Rio de Janeiro. GS Search.
- CAPES (2022). Tabela de Áreas do conhecimento - capes. GS Search.

- CAPES (2023). Portal educapes. GS Search.
- Carneiro, M. L. F. and Silveira, M. S. (2014). Objetos de aprendizagem como elementos facilitadores na educação a distância. *Educar em Revista*, pages 235–260. GS Search.
- Creative Commons (2024). Homepage - creative commons. GS Search.
- de Macêdo, L. N., Siqueira, D. M. B., Macêdo, A. A. M., de Oliveira, E. M., Sales, G. L., Filho, J. A. d. C., and Freire, R. S. (2007). Desenvolvendo o pensamento proporcional com o uso de um objeto de aprendizagem. In *Objetos de aprendizagem: uma proposta de recurso pedagógico*, pages 17–26. MEC, SEED. GS Search.
- de Souza, L. M. S. and de Oliveira, S. B. (2021). Desenvolvimento e implementação de um guia de padrão de qualidade para a produção de objetos de aprendizagem na educação a distância do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro (IFRJ). In *P2P E INOVAÇÃO*, pages 6–22. IBICT. GS Search.
- Dias, C. C. L., Kemczinski, A., de Sá Lucena, S. V., Ferlin, J., and da Silva Hounsell, M. (2009). Padrões abertos: Aplicabilidade em objetos de aprendizagem (oas). In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1. GS Search.
- Fischer, W. (2008). *Digital Video and Audio Broadcasting Technology*. Springer, Berlin, Heidelberg. GS Search.
- Galafassi, F. P., Gluz, J. C., and Galafassi, C. (2013). Análise crítica das pesquisas recentes sobre as tecnologias de objetos de aprendizagem e ambientes virtuais de aprendizagem. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 21(3):41–52. GS Search.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2):199–220. GS Search.
- Gruber, T. R. (2009). *Ontology*, pages 1963–1965. Springer, New York, NY, 1 edition. GS Search.
- IEEE (2020). Ieee std 1484.12.1-2020: Ieee standard for learning object metadata. GS Search.
- ISO/IEC (2023). *BS ISO/IEC 25010:2023: Systems and Software Engineering – Systems and Software Quality Requirements and Evaluation (SQuaRE) – Product Quality Model*. Switzerland, 2 edition. British Standard GS Search.
- Isotani, S. and Bittencourt, I. I. (2015). *Dados Abertos Conectados*. Novatec Editora, São Paulo.
- Kontio, J., Lehtola, L., and Bragge, J. (2004). Using the focus group method in software engineering: Obtaining practitioner and user experiences. In *Proceedings. 2004 International Symposium on Empirical Software Engineering, 2004. ISESE 04.*, pages 271–280. IEEE. GS Search.
- Lopes, A. M. d. A. (2012). *Estratégias de Mediação para o Ensino de Matemática com Objetos de Aprendizagem Acessíveis: Um Estudo de Caso com Alunos com Deficiência Visual*. PhD thesis, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. Tese de Doutorado, [GS Search].

- Machado, R. P., Franco, M. I., and Bertagnolli, S. d. C. (2016). *Desenvolvimento de Software, v.3: Programação de Sistemas Web Orientada a Objetos em Java*. Tekne. Bookman, Porto Alegre. 1 recurso online, [GS Search].
- Marcondes, C. H. and Sayão, L. F. (2009). *À Guisa de Introdução*. EDUFBA, Salvador. GS Search.
- Medeiros, R., Doarte, M., Viterbo, J., Maciel, C., and Boscarioli, C. (2021). Uma análise comparativa entre repositórios de recursos educacionais abertos para a educação básica. In *Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE)*, volume 10, pages 213–224, Online. SBC. GS Search.
- Morais, E. A. M. and Ambrósio, A. P. L. (2007). Ontologias: Conceitos, usos, tipos, metodologias, ferramentas e linguagens. *Relatório Técnico-RT-INF-001/07*. GS Search.
- Nesbit, J., Belfer, K., and Leacock, T. (2001). *LORI: Learning Object Review Instrument. Version 2.0*. Burnaby, British Columbia. GS Search.
- Noy, N. F. and McGuinness, D. L. (2001). Ontology development 101: A guide to creating your first ontology. Technical report, Stanford Knowledge Systems Laboratory. Technical Report KSL-01-05, [GS Search].
- Oliveira, P., Silva, P., and Neto, P. R. (2020). Ontologia dos objetivos educacionais. In *Anais do XXXI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação*, pages 1183–1192, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC. GS Search.
- Rebouças, A. D., Maia, D. L., and Scaico, P. D. (2021). *Objetos de Aprendizagem: Da Definição ao Desenvolvimento, Passando pela Sala de Aula*, chapter 2. Sociedade Brasileira de Computação. GS Search.
- Sanches, H. (2022). *Ferramentas de Desenvolvimento e Criação de Ontologias*. Atena Editora. GS Search.
- Studer, R., Benjamins, V. R., and Fensel, D. (1998). Knowledge engineering: Principles and methods. *Data and Knowledge Engineering*, 25(2):161–197. GS Search.
- University of Colorado (2024). Simulações gratuitas e na internet de física, química, biologia, ciências da terra e matemática. GS Search.
- Van Solingen, R. and Berghout, E. W. (1999). *The Goal/Question/Metric Method: A Practical Guide for Quality Improvement of Software Development*. McGraw-Hill. GS Search.
- Vetromille-Castro, R., Pereira, G. J., and Ramires, H. R. (2013). Ontologias pedagógicas no ensino de Libras. In *III Jornada de Elaboração de Materiais, Tecnologia e Aprendizagem de Línguas - JETAL*, volume 1, pages 28–28. GS Search.
- Vicari, R. M., Gluz, J. C., Santos, E. R., Primo, T. T., Rossi, L. H. L., Bordignon, A., Behar, P., Passerino, L. M., Ferreira Filho, R. C. M., and Roesler, V. (2009). *Relatório Técnico RT-OBAA-01: Padrão de Metadados de Objetos de Aprendizagem Multiplataforma*. FAURGS – Fundação de Apoio da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. GS Search.
- W3C (2018). Diretrizes de acessibilidade para conteúdo web (wcag) 2.1. Tradução para o português do Brasil. Acesso em: 01 fev. 2024. GS Search.

W3C OWL Working Group (2009). Owl 2 web ontology language overview: Second edition. Technical report, W3C OWL Working Group. GS Search.

Wiley, D. A. (2000). *Learning Object Design and Sequencing Theory*. PhD thesis, Brigham Young University. GS Search.