

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
CAMPUS CAJAZEIRAS

GABRIEL ALVES DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE NÚCLEO SERVIDOR PARA REPOSITÓRIO DE
OBJETOS VIRTUAIS BASEADO NOS PRINCÍPIOS DE ARQUITETURA DA
INFORMAÇÃO**

Cajazeiras-PB

2025

GABRIEL ALVES DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE NÚCLEO SERVIDOR PARA REPOSITÓRIO DE
OBJETOS VIRTUAIS BASEADO NOS PRINCÍPIOS DE ARQUITETURA DA
INFORMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba-Campus Cajazeiras, como requisito para obtenção do grau de Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador: Prof. Esp. João Igor Barros Rocha.

Cajazeiras-PB

2025

IFPB / Campus Cajazeiras
Coordenação de Biblioteca
Biblioteca Prof. Ribamar da Silva
Catalogação na fonte: Cícero Luciano Félix CRB-15/750

S586d Silva, Gabriel Alves da.
Desenvolvimento de núcleo servidor para repositório de objetos virtuais baseado nos princípios de arquitetura da informação / Gabriel Alves da Silva. – 2025.
52f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba, Cajazeiras, 2025.

Orientador(a): Prof. Esp. João Igor Barros Rocha.

1. Engenharia de software. 2. Arquitetura de informação. 3. Base de dados. 4. Núcleo servidor. 5. Repositório educacional. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. II. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA

ISAELSON GUTEMBERGH TRAJANO GOMES
GABRIEL ALVES DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE REPOSITÓRIO DE OBJETOS VIRTUAIS BASEADO NOS PRINCÍPIOS DE
ARQUITETURA DA INFORMAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto ao
Curso Superior de Tecnologia em Análise e
Desenvolvimento de Sistemas do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - Campus
Cajazeiras, como requisito à obtenção do título de
Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas.

Orientador

Prof. Esp. João Igor Barros Rocha

Aprovada em: **10 de setembro de 2025.**

Prof. Esp. João Igor Barros Rocha - Orientador

Prof. Dra. Eva Maria Campos Pereira - Avaliadora
IFPB - Campus Cajazeiras

Prof. Me. Afonso Serafim Jacinto - Avaliador
IFPB - Campus Cajazeiras

Documento assinado eletronicamente por:

- **Francisco Paulo de Freitas Neto, COORDENADOR(A) DE CURSOS - FUC1 - CADS-CZ**, em 11/09/2025 08:41:58.
- **Joao Igor Barros Rocha, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO**, em 11/09/2025 08:53:17.
- **Afonso Serafim Jacinto, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/09/2025 09:50:43.
- **Eva Maria Campos Pereira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 11/09/2025 10:19:59.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/09/2025. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código 764584
Verificador: cf5306cb58
Código de Autenticação:



Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, CAJAZEIRAS / PB, CEP 58.900-000
<http://ifpb.edu.br> - (83) 3532-4100

Dedico este trabalho a Deus, por nos fortalecer, e à minha família, pelo apoio incondicional em cada etapa dessa jornada. A todos que me incentivaram e acreditaram em meu potencial, minha sincera gratidão.

AGRADECIMENTOS

Eu, Gabriel, a Deus, pela força, sabedoria e proteção ao longo de toda minha caminhada. Aos meus pais e familiares, em especial Geraldo Herbert de Lacerda e Maria Elisabete Pereira Lacerda, que sempre acreditaram no meu potencial e o apoiaram de forma incondicional em cada etapa. Agradeço pelo amor, paciência e incentivo diários, que tornaram este TCC possível.

Ao Prof. João Igor, cuja orientação criteriosa, paciência e visão me guiaram rumo a uma pesquisa mais consistente e profunda. Também estendo minha gratidão aos demais professores do IFPB – Campus Cajazeiras, pelas contribuições acadêmicas, exemplos de profissionalismo e estímulo à reflexão crítica.

Ao Prof. Edilson Silva que, com seu conhecimento, tornou o trabalho viável e enriqueceu minha jornada. Aos colegas de turma, pelos debates ricos, pela cooperação e por formarmos, juntos, um ambiente de aprendizagem e companheirismo.

Agradeço também aos funcionários e servidores do Instituto, sempre dispostos a auxiliar, assegurando uma estrutura de qualidade para o desenvolvimento de nossas atividades. Por fim, aos autores e pesquisadores cujos trabalhos nos inspiraram neste estudo, e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta pesquisa, deixamos aqui nossa sincera gratidão.

RESUMO

Este Trabalho de Conclusão de Curso apresenta a concepção, implementação e documentação do núcleo servidor (backend) de um Repositório de Objetos Virtuais de Aprendizagem (ROVA), estruturado a partir dos princípios da Arquitetura da Informação (AI) e de boas práticas de engenharia de software. Partindo da literatura sobre repositórios educacionais e dos desafios de organização, encontrabilidade e padronização de metadados (GOMES; FREITAS, 2001; BARROS; WAGNER, 2005; NIELSEN; LORANGER, 2006; ROSENFELD; MORVILLE; ARANGO, 2015; SILVA, 2023), o trabalho materializa uma solução web composta por uma API Node/Express, por um modelo de persistência híbrido - PostgreSQL para dados relacionais/transacionais e MongoDB para metadados educacionais LOM e agregações facetadas - e por armazenamento compatível com S3 para os objetos binários. As decisões de projeto priorizam segurança (autenticação por JWT e suporte a OAuth, CORS restritivo, validação de uploads), desempenho (paginação, índices, agregações) e portabilidade (containerização e preparo para GKE). Como resultado, o backend fornece contratos estáveis de API, processos de ingestão/validação de objetos, busca com facetadas, mecanismo de avaliações (ratings) e distribuição eficiente/segura de arquivos, estabelecendo a base para evolução incremental, interoperabilidade e adoção em contextos educacionais reais.

Palavras-chave: Repositório de Objetos de Aprendizagem; Arquitetura da Informação; Metadados LOM; Node/Express; PostgreSQL; MongoDB; S3; Segurança; Observabilidade.

ABSTRACT

This undergraduate thesis presents the design, implementation, and documentation of the server-side core (backend) of a Learning Object Repository (ROVA), grounded in Information Architecture principles and software-engineering best practices. The system comprises a Node/Express API, a hybrid persistence model - PostgreSQL for relational/transactional data and MongoDB for IEEE LOM educational metadata and faceted aggregations - and S3 - compatible storage for binary assets. Architectural decisions prioritize security (authentication via JWT with optional OAuth, restrictive CORS, input/upload validation), performance (pagination, targeted indexing, aggregation pipelines), observability (structured logs and basic health metrics), and portability (containerization and GKE readiness). The resulting backend exposes stable API contracts, a robust ingestion/validation pipeline for learning objects, faceted search, a ratings mechanism, and efficient, secure file distribution - establishing a solid foundation for incremental evolution, interoperability with academic ecosystems, and adoption in real educational contexts.

Keywords: Learning Object Repository; Information Architecture; IEEE LOM; Node/Express; PostgreSQL; MongoDB; S3; Security; Observability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 — Diagrama de fluxo de navegação.....	34
Figura 2 — Arquitetura lógica do sistema.....	35
Figura 3 — Sequência de upload e processamento.....	35
Figura 4 — Modelo relacional (PostgreSQL) e índices	36
Figura 5 — Agregações de facetas (MongoDB/LOM)	37
Figura 6 — Diagrama de casos de uso	37
Figura 7 — Landing page (hero banner)	39
Figura 8 — Seção de objetos populares	39
Figura 9 — Seção “Por que utilizar?”	40
Figura 10 — Seção “Como funciona”	40
Figura 11 — Tela de listagem dos objetos	41
Figura 12 — Tela de detalhes do objeto.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AI	Arquitetura da Informação
API	Interface de Programação de Aplicação
AWS	Amazon Web Services (Serviços Web Amazon)
AVA	Ambiente Virtual de Aprendizagem
CSS	Cascading Style Sheets (Folhas de Estilo em Cascata)
DCMI	Dublin Core Metadata Initiative
ISO	International Organization for Standardization
JWT	JSON Web Token
LMS	Learning Management System
LOM	Learning Object Metadata (Metadados de Objetos de Aprendizagem)
LGPD	Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais
MECRED	Recursos Educacionais Digitais
MERLOT	Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching (Recurso Educacional Multimodal para Aprendizagem e Ensino Online)
OA	Objetos de Aprendizagem
OVA	Objeto Virtual de Aprendizagem
ROVA	Repositório de Objetos Virtuais de Aprendizagem
S3	Simple Storage Service
UX	User Experience (Experiência do Usuário)
UI	User Interface (Interface do Usuário)
W3C	World Wide Web Consortium
WCAG	Web Content Accessibility Guidelines (Diretrizes de Acessibilidade para Conteúdo Web)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVO.....	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	13
3.1	CONCEITOS GERAIS E PANORAMA ATUAL	13
3.2	DIVERSIDADE DE REFERÊNCIAS E AMPLIAÇÃO DO TEMA	14
3.3	MODELOS E PRÁTICAS EXISTENTES: ANÁLISE CRÍTICA.....	14
3.4	ARQUITETURA DA INFORMAÇÃO E PRÁTICAS RELEVANTES	15
3.4.1	Fundamentos de AI no Contexto Educacional.....	15
3.4.2	Diretrizes para estruturação de ROVA	15
3.4.3	Boas Práticas: Usabilidade, Acessibilidade e UX.....	16
3.5	RELEVÂNCIA EDUCACIONAL E ACESSO EXPANDIDO	17
3.6	SÍNTESE CRÍTICA E IMPLICAÇÕES PARA O REPOSITÓRIO DESENVOLVIDO 18	
4	METODOLOGIA	20
4.1	PROTÓTIPO E IMPLEMENTAÇÃO.....	20
4.2	DISCUSSÃO: CONSISTÊNCIA DA DEFESA DOS ROVA	24
4.2.1	Por que os Repositórios São Relevantes?	24
4.2.2	Como Boas Práticas em AI Potencializam Seu Impacto?.....	24
4.2.3	Quais Resultados São Evidenciados na Literatura?	24
4.2.4	Onde Existe Lacunas e Oportunidades?.....	25
4.3	TECNOLOGIAS SELECIONADAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO	25
4.3.1	Interface do Usuário (Frontend).....	26

4.3.2	Lógica de Negócio (Backend).....	26
4.3.3	Armazenamento e Persistência	26
4.3.4	Gerenciamento de Conteúdo e Indexação.....	26
4.3.5	Infraestrutura e Hospedagem	27
4.3.6	Metodologia de Desenvolvimento	27
4.3.7	Modelagem e Fluxo do Sistema.....	29
4.3.8	Modelagem e Fluxo do Sistema.....	32
4.4	TABELA DE ALINHAMENTO AI - BACKEND – EVIDÊNCIA	33
5	RESULTADOS	34
5.1	LAYOUT E NAVEGAÇÃO.....	34
5.1.1	Landing Page - Desktop.....	34
5.1.2	Lista de Objetos - Desktop.....	37
5.1.3	Detalhes do Objeto - Desktop	38
5.2	RESULTADOS REPORTADOS EM PESQUISAS E IMPACTO NA APRENDIZAGEM.....	39
5.3	LACUNAS E OPORTUNIDADES: PERSPECTIVAS FUTURAS	40
5.4	RESULTADOS TÉCNICOS DO BACKEND	41
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
6.1	CONTRIBUIÇÕES PARA A PESQUISA E PARA A PRÁTICA DOCENTE	43
6.2	LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÃO DE PESQUISA	44
6.3	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46
	ANEXO A — CONTRATOS DE API.....	53

1 INTRODUÇÃO

O crescimento exponencial da oferta de recursos digitais para o ensino e a aprendizagem intensificou a demanda por ferramentas que auxiliem na organização, seleção e disseminação desses materiais (GOMES; FREITAS, 2001). Neste contexto, situam-se os Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA) como recursos educacionais modulares, reutilizáveis e adaptáveis a diversos contextos pedagógicos. Embora ainda não sejam amplamente utilizados em todas as plataformas, possuem potencial para integração em diferentes cenários, promovendo o compartilhamento de conhecimento em escala global (BARROS; WAGNER, 2005).

Nesse cenário, os Repositórios de Objetos Virtuais de Aprendizagem (ROVA) emergem como soluções capazes de centralizar, estruturar e tornar acessíveis tais recursos. Plataformas como o MERLOT e o MECRED reúnem catálogos extensos de materiais gratuitos, abrangendo diversas disciplinas e facilitando o acesso a conteúdos educacionais de qualidade. A Plataforma Integrada MECRED, em particular, destaca-se como ambiente colaborativo em língua portuguesa, promovendo a construção coletiva do conhecimento. Essas iniciativas reforçam o potencial dos repositórios para a prática docente e a inovação pedagógica (ALVES; SOUZA, 2021), e sustentam a noção de que repositórios podem atuar como hubs de intercâmbio de práticas pedagógicas.

Apesar dos avanços, persistem desafios relevantes, frequentemente relacionados à ausência de padronização de metadados, à inconsistência na categorização, a lacunas de acessibilidade e à falta de adequação ao perfil de uso (SILVA; SOUZA, 2021). A inexistência de uma estrutura informacional clara e de princípios de Arquitetura da Informação (AI) bem definidos pode levar a dificuldades de localização de conteúdos, sobrecarga cognitiva e subutilização dos recursos disponíveis. Um repositório sem taxonomias consistentes ou com rotulagem frouxa tende a produzir resultados de busca pobres e navegação errática, mesmo quando o acervo é amplo.

Para enfrentar tais problemas, a literatura recomenda o emprego de princípios de AI - organização, rotulagem, navegação e busca (ROSENFELD; MORVILLE; ARANGO, 2015) - como base conceitual. Neste trabalho, esses princípios são operacionalizados a partir do *backend*: a qualidade da experiência de busca e descoberta depende diretamente de decisões de engenharia de dados e arquitetura de serviços.

Em particular, a adoção do Learning *Object Metadata* (LOM) como padrão de metadados educacionais, a separação de persistência entre um banco relacional (PostgreSQL) e um banco documental (MongoDB), e a disponibilização de APIs estáveis com validações robustas permitem normalizar, enriquecer e consultar o acervo com eficiência. A indexação facetada no MongoDB, por exemplo, possibilita combinações de filtros (dificuldade, contexto, idioma, tipo de recurso) com boa responsividade, enquanto o PostgreSQL sustenta integridade referencial e agregações transacionais (como média/contagem de avaliações e contagem de downloads).

Outra dimensão crítica é a segurança. O *backend* implementa autenticação por JWT (e possibilidade de OAuth), políticas de CORS restritivas, validação e sanitização de uploads, além de preparo para HTTPS e gestão de segredos por ambiente. Tais medidas alinham-se a recomendações para aplicações web e ambientes educacionais, reduzindo superfícies de ataque e protegendo dados (NIELSEN; LORANGER, 2006; ALVES; SOUZA, 2021).

Complementarmente, a futura observabilidade a ser implementada - com logs JSON e métricas de saúde e negócio - é tratada como requisito não funcional essencial para operação contínua e melhoria baseada em evidências, respeitando princípios de privacidade e minimização de dados.

Dessa forma, este TCC II concretiza a solução proposta por meio da implementação do núcleo servidor do ROVA. A plataforma é composta por uma API Node/Express, por um núcleo de persistência híbrido - PostgreSQL (entidades relacionais e agregados) e MongoDB (metadados LOM e facetadas) - e por armazenamento compatível com S3 para binários.

Embora o *frontend* (SPA em React) seja utilizado para consumo e validação de fluxo, o foco deste volume é o desenho, implementação e justificativa técnica do *backend*, com ênfase em padrões de metadados, organização dos dados, contratos de API, requisitos de segurança, desempenho e preparo para implantação em nuvem (GKE). O resultado é uma base técnico-científica e operacional para evolução incremental, interoperabilidade com ecossistemas educacionais e estudos futuros.

2 OBJETIVO

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver o núcleo servidor (*backend*) de um repositório de objetos virtuais de aprendizagem, fundamentado nos princípios da Arquitetura da Informação de forma a aprimorar a organização, a encontrabilidade e a distribuição segura de recursos educacionais digitais.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Consolidar a revisão sobre repositórios de OVA, padrões de metadados e fundamentos de AI aplicados a organização, rotulagem, navegação e busca;
- Especificar requisitos funcionais de *backend* e não funcionais aderentes ao domínio educacional e às restrições do projeto;
- Definir a arquitetura técnica servidor-centrada, separando camadas entre com contratos e responsabilidades claramente documentados;
- Implementar o *backend* funcional do ROVA;
- Publicar contratos de API para manutenção e extensão por terceiros;
- Preparar a implantação em nuvem;
- Prever logs estruturados e métricas para futura integração com ferramentas de observabilidade e busca de logs;
- Produzir documentação técnica e de operação, além de um *roadmap* com evoluções recomendadas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 CONCEITOS GERAIS E PANORAMA ATUAL

Um Repositório de Objetos Virtuais de Aprendizagem é, em linhas gerais, um ambiente digital que agrega, organiza e disponibiliza recursos educativos digitais reutilizáveis (MELARÉ; WAGNER, 2005; MERCADO; SILVA; NEVES, 2009). Esses objetos podem variar de simples arquivos de texto até animações complexas, simuladores e vídeos interativos (BARROS; WAGNER, 2005). O objetivo comum é facilitar a busca e o reuso do conteúdo em diferentes contextos educacionais.

Dentre os exemplos mais notáveis e primeiras iniciativas, encontramos o MECRED. Em escala internacional, há iniciativas como o MERLOT e o Ariadne. Atualmente, cada uma dessas plataformas exibe características próprias, mas todas se propõem a suprir a demanda por uma fonte confiável de recursos digitais.

Na proposta deste trabalho, os conceitos gerais e o panorama atual dos ROVA serviram como base para a compreensão do cenário existente e para a identificação das necessidades que o repositório desenvolvido buscou atender, garantindo que a solução proposta esteja alinhada com as tendências e desafios da área.

Portanto, além da definição ampla de repositórios, a literatura aponta que a adoção de padrões de metadados — notadamente o IEEE LOM (IEEE 1484.12.1) e o Dublin Core — funciona como uma "língua franca" para descrição e descoberta de objetos digitais, favorecendo interoperabilidade, reuso e portabilidade entre plataformas.

Em repositórios educacionais, tais metadados viabilizam filtros facetados (por dificuldade, contexto, papel do usuário, idioma, tipo de recurso etc.) e melhoram a encontrabilidade ao permitir agregações e normalizações, a exemplo de tratamento de sinônimos, remoção de diacríticos e padronização de idiomas. Esse arcabouço técnico-conceitual, cada vez mais presente em iniciativas contemporâneas, orienta a construção de ROVA que sejam, ao mesmo tempo, abertos, consistentes e eficientes na recuperação da informação.

3.2 DIVERSIDADE DE REFERÊNCIAS E AMPLIAÇÃO DO TEMA

A literatura sobre ROVA é ampla, reunindo pesquisadores de áreas como Computação, Ciência da Informação, Pedagogia e Design Instrucional (ALVES; SOUZA, 2021). Trabalhos como os de Tarouco (2006) discutem a definição e classificação de objetos de aprendizagem, enquanto outros, a exemplo de Pasqualotti e Freitas (2001), enfatizam o impacto de ambientes virtuais na melhoria do processo de ensino-aprendizagem.

Segundo Costa e Mendes (2017), a quantidade e a diversidade de objetos disponíveis em um repositório podem se tornar um desafio organizacional e de curadoria. Daí a importância de parâmetros ou frameworks conceituais que orientem a descrição, catalogação e filtragem desses recursos, permitindo que usuários encontrem rapidamente o que buscam. A diversidade de referências e a ampliação do tema nos permitem construir um repositório que considere diferentes perspectivas e necessidades, desde a classificação de objetos até a curadoria de conteúdo, assegurando uma abordagem abrangente e eficaz.

3.3 MODELOS E PRÁTICAS EXISTENTES: ANÁLISE CRÍTICA

Há modelos distintos de ROVA, variando quanto à adoção de metadados (LOM, Dublin Core), políticas de compartilhamento (aberto, restrito ou híbrido), práticas de usabilidade (interfaces intuitivas ou não) e acessibilidade (cumprimento ou não das WCAG 2.1). A análise de Mercado, Silva e Neves (2009) destaca que muitos deles ainda carecem de consistência na arquitetura e uso de sistemas de categorização. Por outro lado, Silva (2023) reforça que a adoção de princípios de Arquitetura da Informação pode otimizar a maneira como esses repositórios gerenciam e exibem seus conteúdos.

Um ponto crítico é a falta de padronização e de mecanismos de indexação adequados, o que pode tornar a busca ineficiente (SILVA; SOUZA, 2021). Assim, mesmo existindo muitos objetos cadastrados, o usuário pode não encontrá-los facilmente, gerando desmotivação e subutilização das plataformas (NIELSEN; LORANGER, 2006).

A análise crítica dos modelos e práticas existentes nos permite identificar as lacunas e os pontos fortes dos repositórios atuais, subsidiando o desenvolvimento de uma solução que supere as deficiências observadas e incorpore as melhores práticas em termos de arquitetura e categorização.

Do ponto de vista técnico, duas lacunas se repetem na literatura e em implementações reais: (i) a insuficiente normalização linguística de rótulos e valores — sinônimos, plural/singular, acentuação e variações de idioma —, que degrada a precisão e o recall de buscas; e (ii) a ausência de mecanismos robustos de busca facetada sustentados por um modelo documental (por exemplo, um índice em banco NoSQL) dedicado a agregações. Enfrentar essas limitações requer combinar padrões de metadados, vocabulários controlados e governança de catalogação, de modo a reduzir ambiguidade e elevar a encontrabilidade dos objetos.

3.4 ARQUITETURA DA INFORMAÇÃO E PRÁTICAS RELEVANTES

3.4.1 *Fundamentos de AI no Contexto Educacional*

A Arquitetura da Informação é definida como "a arte e a ciência de organizar e rotular websites, intranets, comunidades online e softwares para suportar usabilidade e encontrabilidade" (ROSENFELD; MORVILLE; ARANGO, 2015). No âmbito educacional, trata-se de uma abordagem que busca estruturar conteúdos de forma que alunos e professores possam localizar e compreender facilmente os recursos (GOMES; FREITAS, 2001).

Segundo Rosenfeld, Morville e Arango (2015) - confirmando as diretrizes de AI de Brown e Davis (2020) - quatro grandes componentes podem ser destacados na Arquitetura da Informação de ambientes digitais: (a) sistemas de organização, com definição de taxonomias e categorias claras; (b) sistemas de rotulagem, com uso de termos consistentes que facilitem o reconhecimento do conteúdo; (c) sistemas de navegação, como menus e *breadcrumbs*; e (d) sistemas de busca, com metadados e filtros que agilizem a recuperação da informação.

Em um repositório educacional, esses elementos atuam de maneira integrada, garantindo a encontrabilidade dos objetos virtuais e elevando sua utilidade pedagógica (BROWN; DAVIS, 2020).

3.4.2 *Diretrizes para estruturação de ROVA*

A pesquisa de Silva (2023), intitulada "Diretrizes para Estruturação de Repositórios de Objetos Virtuais de Aprendizagem Fundamentadas nos Princípios da Arquitetura da Informação", oferece recomendações específicas para o planejamento e a gestão de repositórios. Silva (2023) enfatiza a importância de entender o público-alvo, definindo estruturas de categorização alinhadas às necessidades de professores, alunos e pesquisadores; de adotar

metadados educacionais com padrões como Dublin Core e LOM associados a terminologias consistentes, minimizando redundâncias e facilitando o reuso; de incorporar acessibilidade e usabilidade para que os ROVA atinjam seu potencial inclusivo e democrático; e de instituir processos de curadoria, garantindo a qualidade dos objetos e valorizando avaliações e comentários dos usuários.

Tais diretrizes estão alinhadas a autores como Nielsen e Loranger (2006) e Rosenfeld, Morville e Arango (2015), ao relacionar organização, usabilidade e experiência do usuário como elementos indissociáveis de um repositório bem-sucedido.

Uma recomendação recorrente na literatura, complementar às diretrizes citadas, é instituir governança de metadados: definição de vocabulários controlados e tabelas de equivalência (por exemplo, *exercise/exercício*), regras de normalização (caixa baixa, remoção de diacríticos, *slugs*) e validações automáticas no momento do cadastro. A prática consolida consistência semântica e evita a proliferação de rótulos levemente distintos que geram silos na busca. Em paralelo, recomenda-se o versionamento dos objetos e o registro do idioma do conteúdo pedagógico, distinto do idioma da interface, pois tais atributos impactam diretamente a relevância na recuperação da informação.

3.4.3 Boas Práticas: Usabilidade, Acessibilidade e UX

Usabilidade é definida pela ISO 9241-11 como a efetividade, eficiência e satisfação com que usuários específicos atingem objetivos específicos em contextos particulares. Em ROVA, isso significa permitir que alguém encontre rapidamente o objeto pretendido e se sinta satisfeito ao utilizá-lo (NIELSEN, 1994). A acessibilidade, por sua vez, abrange a garantia de que pessoas com deficiências visuais, auditivas, motoras ou cognitivas possam explorar o repositório. As diretrizes WCAG 2.1 (W3C, 2018) tratam de contraste de cor, navegação via teclado e descrição textual para imagens e vídeos.

Em estudos recentes, como o de Silva e Martins (2022), observou-se que protótipos de interface voltados a ROVA, quando avaliados por meio de testes de usabilidade, apresentaram índices de satisfação superiores a 80% em quesitos de clareza e facilidade de navegação. Experiência do Usuário (UX), por fim, integra fatores emocionais e subjetivos que influenciam a percepção do usuário (GARRETT, 2011). Em plataformas educacionais, uma UX positiva

fortalece o engajamento e estimula a cultura de colaboração e troca de conhecimentos (LOPES; CARVALHO, 2015).

Experiência do Usuário (UX) integra fatores emocionais e subjetivos que influenciam a percepção do usuário (GARRETT, 2011). Em plataformas educacionais, uma UX positiva fortalece o engajamento e estimula a cultura de colaboração e troca de conhecimentos (LOPES; CARVALHO, 2015).

A interoperabilidade entre ROVA e sistemas de gestão de aprendizagem, como Moodle e Google Classroom, é crucial para a integração de recursos educacionais em ambientes de ensino online. Todavia, essa integração traz desafios técnicos: padronização de metadados, compatibilidade de formatos e segurança na troca de informações entre plataformas distintas.

Assim, a superação desses desafios é fundamental para garantir uma experiência fluida e eficiente, permitindo que os objetos de aprendizagem sejam facilmente acessados e utilizados em diferentes contextos. A padronização de APIs e a adoção de padrões abertos configuram caminhos promissores, promovendo um ecossistema educacional mais conectado e acessível.

Além das WCAG 2.1, a literatura recente destaca a importância de WAI-ARIA para enriquecer semântica e navegação por teclado, bem como de práticas de desempenho percebido - latência baixa, *lazy-loading* de imagens, *skeletons* - como parte da própria experiência do usuário em repositórios de mídia. Em ambientes educacionais, esses cuidados contribuem para reduzir carga cognitiva, favorecer inclusão e sustentar engajamento, ainda que a avaliação formal de usabilidade não seja objeto do presente trabalho.

3.5 RELEVÂNCIA EDUCACIONAL E ACESSO EXPANDIDO

Os ROVA representam mais do que simples repositórios de arquivos. Eles se inserem em um movimento maior de educação aberta e compartilhada, no qual objetos de aprendizagem podem ser adaptados a diferentes realidades (ALVES; SOUZA, 2021). A possibilidade de localizar rapidamente recursos atualizados e adaptados à faixa etária ou ao nível de ensino beneficia tanto o docente na elaboração de aulas quanto o discente que busca complementar seus estudos (BARROS; WAGNER, 2005).

Além disso, há impacto direto na economia de tempo e recursos: em vez de produzir de forma isolada, professores podem reutilizar OVA validados por outros colegas (MELARÉ;

WAGNER, 2005). Tal colaboração incrementa a qualidade dos materiais e a difusão de práticas pedagógicas inovadoras (MERCADO; SILVA; NEVES, 2009). A relevância educacional e o acesso expandido são pilares do nosso trabalho, e aprofundar a interoperabilidade nos permitirá criar um repositório que não apenas armazene objetos de aprendizagem, mas que também se integre de forma eficaz com as plataformas já utilizadas por educadores e estudantes, ampliando o impacto e a utilidade do sistema.

No contexto brasileiro, ressalta-se ainda a necessidade de conformidade com a LGPD na operação de ROVA, além da adoção de padrões abertos e de APIs públicas para viabilizar integração com LMS e outras plataformas educacionais. Tais medidas ampliam o alcance do acervo, facilitam o reuso responsável e fortalecem a sustentabilidade do repositório em ecossistemas institucionais heterogêneos.

3.6 SÍNTESE CRÍTICA E IMPLICAÇÕES PARA O REPOSITÓRIO DESENVOLVIDO

A revisão de literatura converge para três implicações diretas que orientam o repositório aqui desenvolvido. Em primeiro lugar, a estruturação por metadados padronizados, com ênfase em LOM, é condição para busca facetada efetiva e para interoperabilidade - motivo pelo qual a camada de metadados foi concebida em modelo documental, apto a agregações e filtros de alto desempenho.

Em segundo lugar, a separação entre núcleo transacional, responsável por cadastro, avaliações e estatísticas em banco relacional, e índice de descoberta, voltado para metadados e facetadas em banco NoSQL, responde à tensão entre consistência e escala relatada na literatura, permitindo que a plataforma mantenha integridade dos dados sem penalizar a capacidade de exploração do acervo.

Por fim, a Arquitetura da Informação foi utilizada como princípio organizador da interface e da nomenclatura, com rotulagem consistente, taxonomias claras e busca e navegação complementares. Somada à acessibilidade segundo diretrizes WCAG e WAI-ARIA e à conformidade regulatória em termos de LGPD e licenças, essa abordagem sustenta um repositório encontrável, inclusivo e interoperável.

Tal síntese não se limita ao desenho conceitual, pois informa decisões técnicas concretas - como normalização linguística de valores e armazenamento externo de binários - que, em

conjunto, materializam as recomendações da literatura em uma implementação factível no contexto institucional brasileiro.

4 METODOLOGIA

4.1 PROTÓTIPO E IMPLEMENTAÇÃO

Na primeira fase, elaborou-se um protótipo interativo no Figma com o objetivo de explorar como um repositório digital poderia facilitar o acesso, a organização e a disseminação de Objetos Virtuais de Aprendizagem. Essa etapa sustentou a validação inicial de requisitos e a tradução prática de princípios de Arquitetura da Informação e de boas práticas de usabilidade e acessibilidade, favorecendo fluxos de descoberta, filtragem e compreensão do conteúdo (Silva; Souza, 2021; Nielsen; Loranger, 2006; Rosenfeld; Morville; Arango, 2015).

O protótipo priorizou cenários essenciais como busca por palavra-chave, filtragem por facetas pedagógicas e técnicas, visualização detalhada e download dos objetos, reduzindo carga cognitiva por meio de rotulagem consistente e pontos de orientação claros na navegação (Garrett, 2011; Gomes; Freitas, 2005).

Esse processo envolveu o levantamento e a análise de requisitos junto a professores e especialistas em educação, com o objetivo de mapear necessidades, expectativas e dificuldades comuns no uso de Objetos Virtuais de Aprendizagem (OVA), considerando diretrizes de usabilidade, acessibilidade e design centrado no usuário para garantir que os recursos pudessem ser facilmente localizados, categorizados e utilizados de maneira intuitiva (GARRETT, 2011; GOMES; FREITAS, 2005).

Ainda na primeira fase, a prototipação concentrou-se na validação de fluxos essenciais, como descoberta por palavra-chave, filtragem por facetas pedagógicas e técnicas, visualização de detalhes e download de objetos, enfatizando a redução da carga cognitiva e a clareza dos pontos de orientação da interface.

Paralelamente, o protótipo traduziu princípios de Arquitetura da Informação em decisões concretas de rotulagem e organização, com uso sistemático de termos educacionais normalizados e separação entre atributos pedagógicos e técnicos, preparando o terreno para uma implementação coerente com os objetivos de encontrabilidade e consistência terminológica.

Na segunda fase, avançou-se para a implementação funcional do Repositório Virtual de Objetos de Aprendizagem, com foco específico na engenharia de *backend*. A arquitetura adotada separa responsabilidades entre uma SPA em React, uma API em Node/Express, um núcleo transacional em PostgreSQL, um índice documental em MongoDB para metadados LOM e um armazenamento de arquivos compatível com S3. Essa divisão atende simultaneamente à integridade das transações e à flexibilidade de agregações facetadas, apontadas na literatura como requisitos complementares para repositórios educacionais de escala (Rosenfeld; Morville; Arango, 2015; Alves; Souza, 2021).

A arquitetura do repositório foi orientada por princípios de Arquitetura da Informação, garantindo organização lógica e facilidade de navegação. Entre os aspectos destacados estão:

- Organização: estruturação de categorias, taxonomias e filtros que permitem ao usuário localizar conteúdos rapidamente, considerando diferentes níveis de complexidade e áreas do conhecimento (IEIRI; BRAGA, 2015);
- Rotulagem: padronização de termos e metadados, assegurando consistência e clareza na identificação dos recursos (GOMES; FREITAS, 2005);
- Navegação: menus intuitivos, *breadcrumbs* e fluxos claros, promovendo uma experiência de uso natural e reduzindo a curva de aprendizado (GARRETT, 2011);
- Busca: sistema avançado de pesquisa com filtros dinâmicos, possibilitando a recuperação eficiente de conteúdos de acordo com critérios específicos (EBSCO, 2021);
- Validação contínua: *feedbacks* de usuários foram incorporados para refinar a organização, melhorar a acessibilidade e ajustar funcionalidades, assegurando que o repositório fosse relevante e útil para o contexto educacional.

A divisão de responsabilidades ocorreu da seguinte forma: houve concentração de esforços na prototipação e no desenvolvimento da interface (*frontend*), enquanto outras atividades focaram no *backend* e na modelagem do banco de dados. A redação do documento e a revisão bibliográfica foram realizadas de forma colaborativa.

Além disso, já em termos estruturais, a API foi construída em módulos coesos. O módulo de objetos expõe rotas para cadastro, listagem, facetas, detalhamento e download. O cadastro recebe *multipart form* com arquivo principal e *thumbnail* opcional, além de um bloco JSON de metadados.

A validação contempla extensão e tamanho do arquivo (PPTX/PPTM/PPT até 150 MB), verificação de MIME e saneamento de nomes. As *thumbnails* passam por validações de dimensões e tamanho, seguidas de processamento com Sharp para normalização em WEBP com recorte de cobertura, preservando legibilidade e evitando sobrecarga de banda.

O armazenamento é abstraído em um serviço único: em desenvolvimento, a estratégia é local com *static serving* controlado; em produção, a estratégia é S3 com chaves aleatórias, versionamento e URLs assinadas com tempo determinado. Essa camada desacopla a API do provedor e viabiliza auditoria de acessos.

O módulo de facetas opera sobre MongoDB com *aggregation pipelines* que projetam, filtram e agrupam valores LOM em campos como dificuldade, contexto, idioma, papéis do usuário e tipo de recurso; quando aplicável, palavras-chave são desmembradas e normalizadas para consolidar termos próximos e reduzir ambiguidade.

O módulo de avaliações mantém as notas por objeto e usuário, garantindo unicidade por versão e suportando consultas agregadas para média e contagem.

O módulo de download incrementa contadores no banco relacional e encaminha o fluxo para arquivo local ou URL assinada, conforme a origem definida na criação do objeto. Os contratos de API que sustentam as funcionalidades descritas encontram-se detalhados no **Anexo A**.

A modelagem de dados, por sua vez, foi guiada por dois objetivos complementares. Para o núcleo transacional, optou-se por PostgreSQL, com tabelas de objetos e avaliações, *constraints* de integridade referencial, *checks* de domínio para estrelas, triggers de atualização de carimbo temporal e índices nos campos de junção e temporalidade. Essa base sustenta contadores, agregações simples e *joins* previsíveis com custos estáveis.

Para descoberta e facetas, o MongoDB armazena um documento por objeto contendo a hierarquia LOM. A recuperação facetada utiliza operadores nativos de agregação, permitindo *unwind* de listas de palavras-chave, eliminação de nulos, normalização de rótulos e *grouping* por valor, o que entrega desempenho adequado sem complexidade de ETL pesado. O arranjo promove consistência forte para transações sensíveis e eventual *consistency* para a camada de exploração, estratégia que a literatura reconhece como eficaz quando o objetivo é equilibrar governança e escalabilidade em repositórios (Mercado; Silva; Neves, 2009; Silva, 2023).

No que diz respeito à autenticação, implementou-se emissão de tokens JWT para sessões de curta duração e suporte a *OAuth* do Google, com posterior troca por JWT interno. As rotas sensíveis exigem cabeçalho de autorização e realizam validações de escopo antes de executar ações de escrita. Os cabeçalhos de segurança incluem políticas de CORS restritas, negação de *sniffing* de conteúdo e políticas de *Referer*.

Em tratamento de erros, a API adota um formato padronizado de resposta com código, mensagem e, quando útil, detalhes de validação; o middleware converte exceções conhecidas em respostas HTTP consistentes e registra mensagens estruturadas em JSON com nível, *timestamp*, rota, status e latência, preparando terreno para ingestão posterior em ferramentas de observabilidade.

Em privacidade e conformidade, a solução minimiza coleta de dados pessoais e descreve políticas de retenção para artefatos temporários, seguindo princípios da LGPD e de boas práticas em segurança para serviços web educacionais (W3C, 2018; Nielsen; Loranger, 2006).

Por fim, a configuração de ambientes utiliza variáveis centralizadas para credenciais e chaves, diferenciando origem de arquivos, URIs de bancos e parâmetros de autenticação. O build do *backend* é containerizado para execução homogênea em nuvem; verificações de integridade cobrem conexão com bancos, permissões de escrita no *storage* e disponibilidade de rotas.

Além disso, a etapa de preview de slides, dependente de LibreOffice, permanece como componente opcional com *health check* dedicado e *fallback* seguro quando não disponível. O processo de desenvolvimento foi organizado em ciclos curtos com controle de versões, *issues* rastreáveis e *commits* frequentes, o que facilitou refatorações e alinhamento incremental com os princípios de Arquitetura da Informação e com a literatura de referência.

Ressalta-se, portanto que, partindo desses pilares, o ROVA não apenas materializa os conceitos discutidos na pesquisa, mas também oferece uma ferramenta concreta capaz de apoiar professores e alunos na integração de OVA ao processo educacional, promovendo organização, acessibilidade e interatividade.

4.2 DISCUSSÃO: CONSISTÊNCIA DA DEFESA DOS ROVA

4.2.1 *Por que os Repositórios São Relevantes?*

Os repositórios virtuais de objetos de aprendizagem centralizam conteúdos de múltiplas fontes e viabilizam acesso amplo e estruturado a materiais educacionais, reduzindo duplicidade de esforços e incentivando práticas pedagógicas mais ricas. Além disso, ampliam alcance, sustentam curadoria e favorecem reutilização, aspectos frequentemente apontados como determinantes para qualidade e eficiência em processos de ensino com recursos digitais (Silva; Souza, 2021; Nielsen; Loranger, 2006; Lopes; Carvalho, 2015).

4.2.2 *Como Boas Práticas em AI Potencializam Seu Impacto?*

No contexto deste trabalho, a aderência aos princípios de organização, rotulagem, navegação e busca refletiu-se em escolhas de implementação objetivas: metadados LOM representados em um armazenamento documental com agregações para facetas, rotulagem normalizada de categorias pedagógicas e técnicas na interface e um mecanismo de busca que evita ambiguidade semântica ao tratar sinônimos e variações linguísticas com regras explícitas.

Ainda que avaliações formais de usabilidade não tenham sido realizadas nesta etapa, a arquitetura informacional e a engenharia do software foram conduzidas para favorecer a aprendibilidade da interface e a consistência das operações mais críticas, como cadastro, descoberta e download de objetos.

4.2.3 *Quais Resultados São Evidenciados na Literatura?*

A literatura reporta:

- Melhorias de aprendizagem: quando os alunos dispõem de objetos de diferentes formatos, podem aprender de modo mais autônomo e dinâmico (BARROS; WAGNER, 2005).
- Aumento do engajamento docente: professores economizam tempo ao reutilizar OA (Objetos de Aprendizagem) e podem inovar em abordagens pedagógicas (MELARÉ; WAGNER, 2005; ALVES; SOUZA, 2021).
- Formação de comunidades: a possibilidade de avaliar e comentar objetos estimula o surgimento de redes de prática (LOPES; CARVALHO, 2015).

4.2.4 Onde Existe Lacunas e Oportunidades?

- Integração Técnica: falta de sistemas de importação/exportação padronizados para interagir com AVA como Moodle ou Canvas (SILVA; FERNANDES; SILVA, 2016);
- Políticas e Incentivos: ausentes ou inconsistentes em algumas instituições, dificultando a atualização constante dos repositórios (COSTA; MENDES, 2017);
- Acessibilidade: em muitos casos, ainda se observa baixo nível de conformidade às WCAG 2.1, o que exclui potenciais usuários com necessidades especiais (TAROUCO, 2006; W3C, 2018);
- Curadoria e Qualidade: escassez de processos robustos de validação e avaliação pedagógica (SILVA; SOUZA, 2021).

As lacunas mapeadas na literatura, especialmente a interoperabilidade entre repositórios e ambientes virtuais de aprendizagem, a governança de metadados e a conformidade de acessibilidade, orientaram tanto a modelagem dos dados quanto as prioridades técnicas desta versão. A estratégia de separar o núcleo relacional das entidades do repositório do armazenamento documental de metadados educacionais permite evoluir taxonomias e facetas sem migrações disruptivas, enquanto a adoção de um contrato REST claro abre caminho para integrações futuras com LMS por meio de padrões abertos e, quando pertinente, de conectores específicos. Essa combinação busca entregar valor imediato com uma base sustentável para iterações subsequentes.

4.3 TECNOLOGIAS SELECIONADAS PARA A IMPLEMENTAÇÃO

A partir das lacunas identificadas, foram escolhidas tecnologias que permitem abordar as deficiências observadas, garantindo escalabilidade, eficiência e melhor experiência do usuário. As tecnologias listadas foram escolhidas considerando não apenas sua aplicabilidade atual, mas também sua viabilidade para futuras iterações do repositório. A seleção tecnológica buscou conciliar robustez, maturidade de ecossistema e aderência às necessidades educacionais e informacionais mapeadas. Decisões priorizaram componentes amplamente adotados, documentação consistente e capacidade de evolução incremental.

4.3.1 Interface do Usuário (Frontend)

- React.js: Framework moderno que permite uma interface responsiva e interativa, reduzindo problemas de usabilidade e navegabilidade fragmentada identificados nos repositórios analisados;
- Tailwind CSS: Facilita a criação de interfaces acessíveis e compatíveis com múltiplos dispositivos, resolvendo dificuldades de adaptação a diferentes telas.

4.3.2 Lógica de Negócio (Backend)

- Node.js com Express.js: Proporcionam uma API robusta para lidar com a manipulação de OVA e suas metainformações; também estruturam o serviço em camadas previsíveis e simplifica, a composição de *middlewares* para autenticação, tratamento de erros, *logging* e *CORS*;
- REST: O desenho REST foi preferido nesta entrega por sua simplicidade operacional; GraphQL foi avaliado como alternativa de médio prazo para cenários de agregação complexa e *over-fetching* em clientes variados, porém não compôs a versão atual devido ao custo adicional de *schema* e *gateways*.

4.3.3 Armazenamento e Persistência

- PostgreSQL: Banco de dados relacional escolhido devido à necessidade de armazenar informações estruturadas e normalizadas, garantindo um modelo relacional robusto; armazena, portanto, entidades relacionais com integridade e *joins* controláveis, apoiando contadores e agregações médias de avaliações.
- MongoDB: Utilizado para armazenar metadados flexíveis dos OVA, permitindo maior maleabilidade na categorização e organização dos conteúdos; também guarda o documento LOM completo por objeto e fornece agregações facetadas com *pipeline* declarativa, característica alinhada ao uso de metadados heterogêneos e em evolução.
- Amazon S3: Já o armazenamento de binários utiliza S3 ou serviço compatível, com políticas de criptografia no servidor e URLs temporárias para distribuição segura. Trata-se, dessa forma, de uma solução escalável para armazenamento de arquivos multimídia, garantindo alta disponibilidade e segurança no acesso aos recursos digitais.

4.3.4 Gerenciamento de Conteúdo e Indexação

- LOM: Padrão internacional para metadados de objetos de aprendizagem, promovendo a interoperabilidade entre diferentes plataformas e ecossistemas educacionais e melhorando a descoberta.
- A recuperação da informação combina busca textual nos campos de título e descrições com agregações facetadas em MongoDB para atributos como contexto, tipo de recurso e idioma.

4.3.5 *Infraestrutura e Hospedagem*

- Docker e Kubernetes: Tecnologias de containerização que garantem modularidade e escalabilidade, permitindo fácil manutenção e implantação de novas funcionalidades. Também asseguram paridade entre ambientes e simplificam *deploy* em GKE.
- AWS: Hospedagem confiável e flexível, garantindo alta disponibilidade do sistema;
- NGINX: Servidor para otimização de desempenho, atuando como proxy reverso, balanceador de carga e ponto de terminação TLS quando aplicável.

4.3.6 *Metodologia de Desenvolvimento*

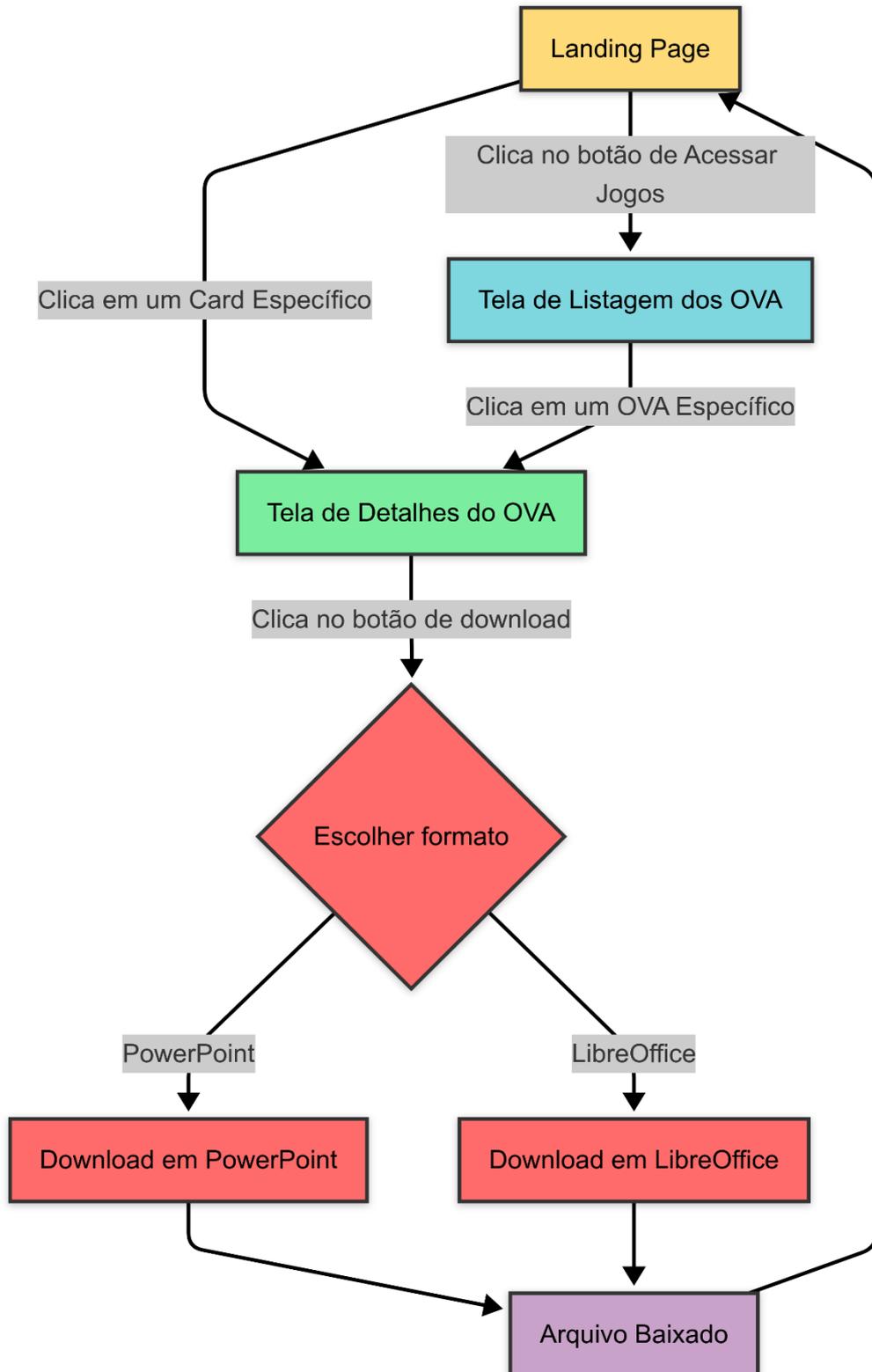
O desenvolvimento do ROVA foi conduzido com base em práticas ágeis, utilizando práticas inspiradas no Scrum (iterações curtas, backlog priorizado, revisões de entrega e retrospectivas pessoais) para organizar e acompanhar o projeto devido à sua flexibilidade, permitindo ajustes contínuos ao longo do desenvolvimento. Nesta fase, as metodologias ágeis foram aplicadas da seguinte forma:

- Sprints curtas: Implementação incremental das funcionalidades do sistema, garantindo entregas contínuas e gerenciáveis;
- Reuniões diárias: Alinhamento da equipe e ajustes rápidos conforme necessidades emergentes;
- Revisões de Sprint: Avaliação das entregas e coleta de feedback para aprimoramento contínuo;
- Retrospectivas: Reflexão sobre os processos de desenvolvimento, com foco na melhoria contínua;
- Versionamento com Git e GitHub: Controle e colaboração eficiente no código-fonte do projeto;
- Testes automatizados: Validação da interface e funcionalidades.

Essa abordagem iterativa e estruturada assegura que o ROVA evolua de forma consistente, permitindo incorporar melhorias contínuas e validar soluções alinhadas às necessidades dos usuários e aos objetivos educacionais propostos.

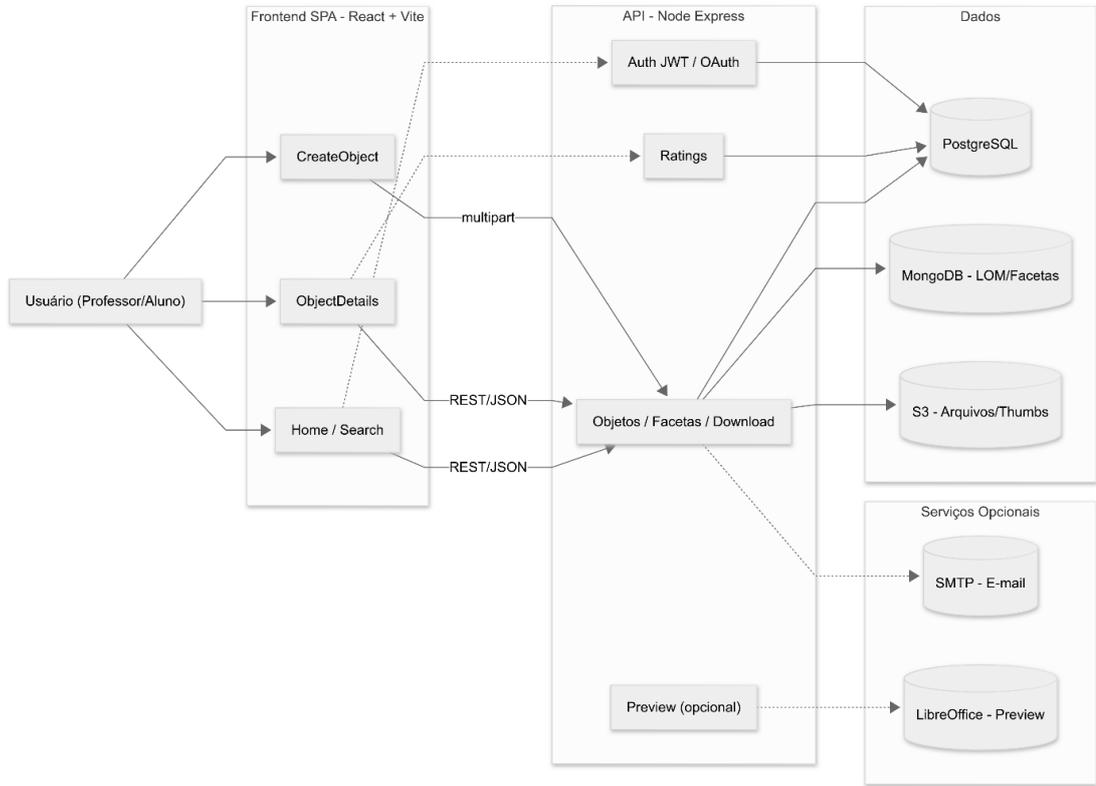
4.3.7 Modelagem e Fluxo do Sistema

Figura 1 – Diagrama de Fluxo de Navegação.



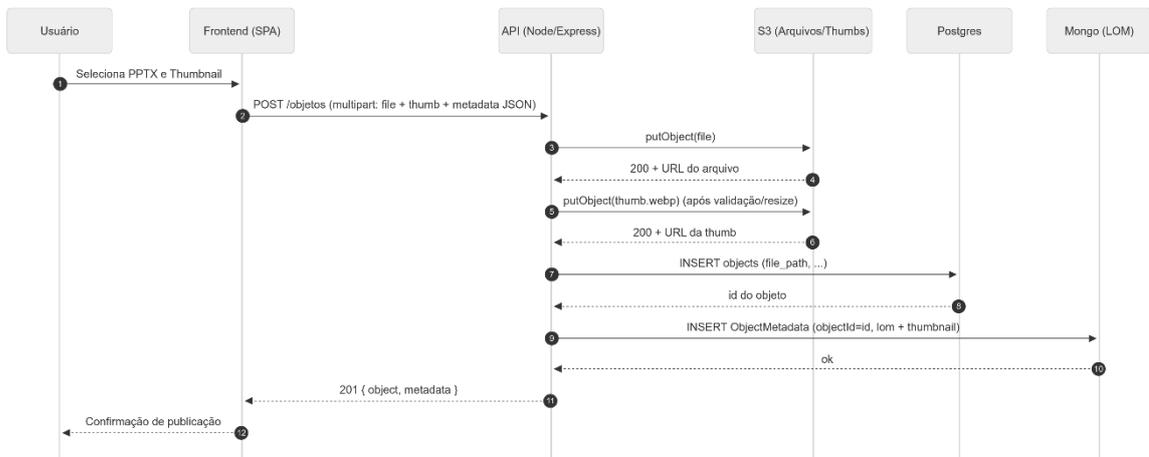
Fonte: Os autores, 2025.

Figura 2 – Arquitetura Lógica do Sistema.



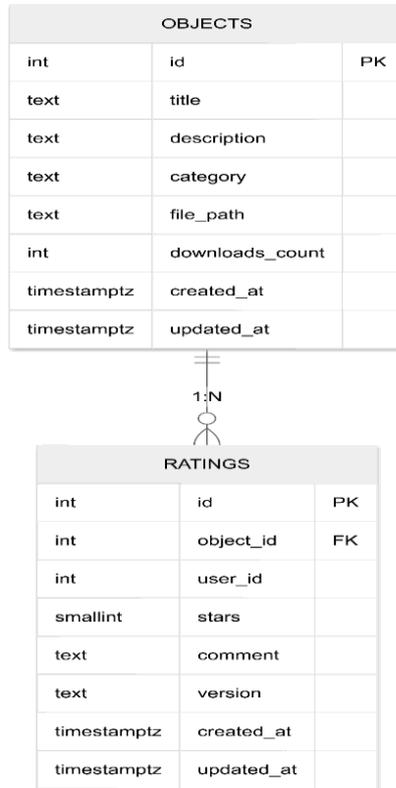
Fonte: Os autores, 2025.

Figura 3 – Sequência de Upload e Processamento.



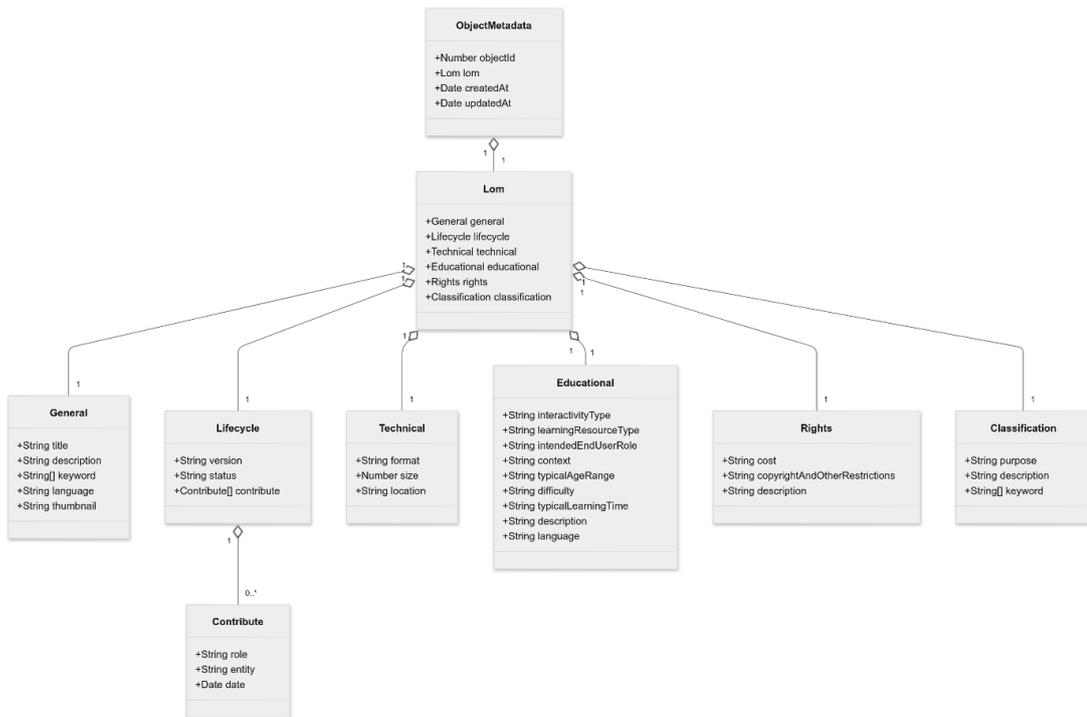
Fonte: Os autores, 2025.

Figura 4 – Modelo Relacional (PostgreSQL) e Índices.



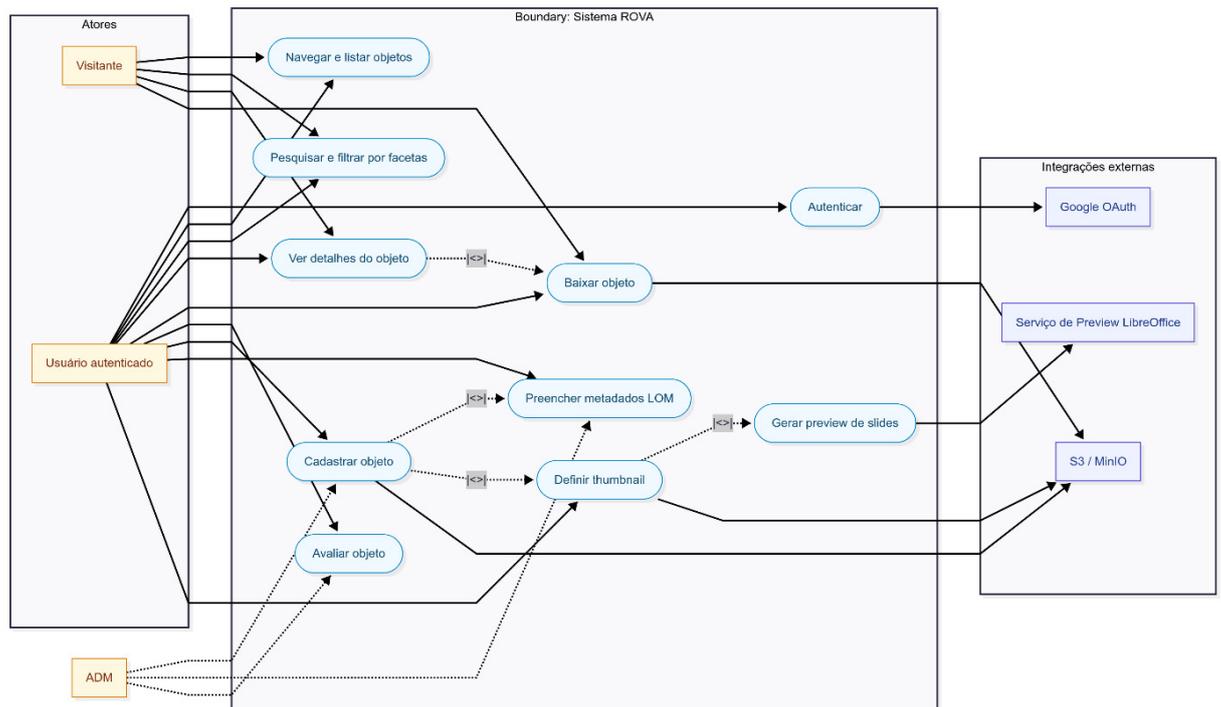
Fonte: Os autores, 2025.

Figura 5 – Agregações de Facetas (MongoDB/LOM).



Fonte: Os autores, 2025.

Figura 6 – Diagrama de Casos de Uso.



Fonte: Os autores, 2025.

4.3.8 Modelagem e Fluxo do Sistema

Requisitos Funcionais (RF)

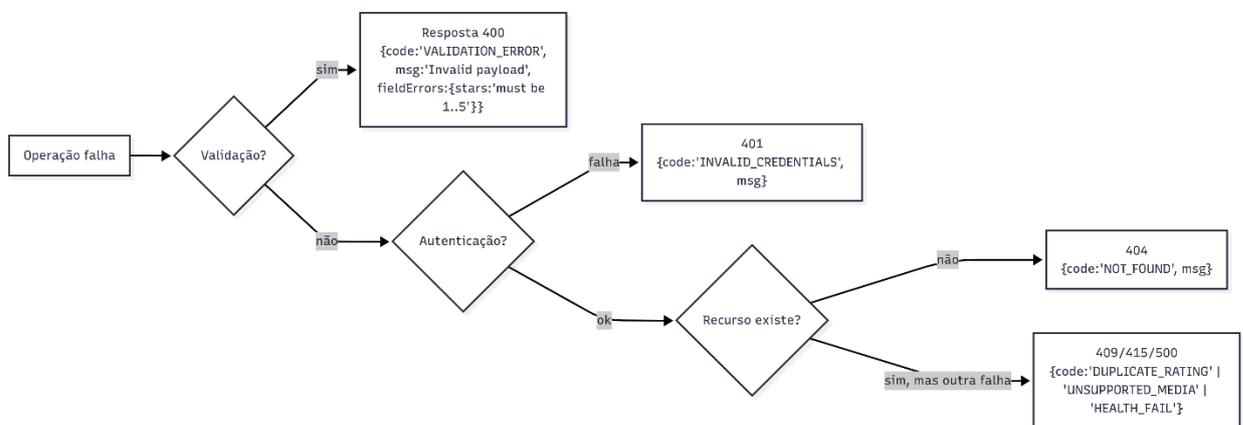
- **RF01** - Autenticar usuários (JWT) e expor sessão autenticada.
- **RF02** - Upload de OVA (.ppt/.pptx/.pptm) e thumbnail com validação.
- **RF03** - Persistir metadados LOM no MongoDB e entidades no PostgreSQL.
- **RF04** - Listar e buscar objetos com facetas (contexto, idioma, tipo, dificuldade).
- **RF05** - Detalhar objeto (metadados, autores, médias/contagem de avaliações).
- **RF06** - Avaliar objeto (1–5 estrelas + comentário) com unicidade por usuário/versão.
- **RF07** - Download com incremento de contador e entrega local ou via URL assinada (S3).
- **RF08** - Relatórios mínimos: top baixados, top bem avaliados (agregações simples).

Requisitos Não Funcionais (RNF)

- **RNF01** -Segurança: CORS restritivo; saneamento de entrada; headers de segurança; mínimos privilégios no S3.
- **RNF02** -Desempenho: paginação; índices direcionados; pipelines de agregação em Mongo.
- **RNF03** -Confiabilidade: health checks, timeouts, respostas padronizadas de erro.
- **RNF04** -Portabilidade: Docker e manifests para GKE.
- **RNF05** -Observabilidade (base): logs JSON estruturados, latency por rota; readiness e liveness.
- **RNF06** -LGPD: minimização de dados; política de retenção para artefatos temporários.

4.4 TABELA DE ALINHAMENTO AI - BACKEND – EVIDÊNCIA

Figura 7



Fonte: Os autores 2025.

5 RESULTADOS

Com base no levantamento teórico e na definição das tecnologias descritas na Metodologia, esta seção apresenta os resultados obtidos com a implementação do Repositório de Objetos Virtuais de Aprendizagem (ROVA). Diferentemente da primeira etapa — centrada na prototipação visual no Figma —, nesta segunda fase o protótipo foi transformado em um sistema funcional, com navegação real, integração entre camadas e operação dos principais serviços de *backend*: API REST em Node/Express, persistência híbrida (PostgreSQL e MongoDB) e armazenamento de arquivos em *backend* local ou compatível com S3. O objetivo foi materializar os princípios de Arquitetura da Informação, usabilidade e acessibilidade discutidos na revisão, agora exercitados em rotas, modelos de dados, políticas de validação e consultas otimizadas.

5.1 LAYOUT E NAVEGAÇÃO

O desenvolvimento da ferramenta visou manter a identidade visual definida na fase de prototipação e, sobretudo, conectou a interface às funcionalidades de *backend* que viabilizam descoberta, detalhamento, avaliação e download de objetos. A busca textual e os filtros facetados foram integrados às coleções de metadados no MongoDB, enquanto a listagem de resultados passou a exibir médias e contagens de avaliações calculadas em PostgreSQL. Dessa forma, os princípios de organização e rotulagem discutidos na literatura passaram a ser refletidos no comportamento do sistema em produção (GOMES; FREITAS, 2001; ROSENFELD; MORVILLE; ARANGO, 2015; SILVA, 2023).

A seguir, são detalhados os aspectos do sistema implementado, destacando o layout, a navegação e os recursos que compõem o repositório.

5.1.1 Landing Page - Desktop

A página inicial foi desenvolvida mantendo a proposta do protótipo inicial, mas agora com navegação dinâmica e interações ativas. Os principais elementos incluem:

- Campo de busca no topo: integrado ao banco de dados, permitindo pesquisa por palavras-chave, tema ou disciplina, com retorno imediato dos objetos de aprendizagem cadastrados;

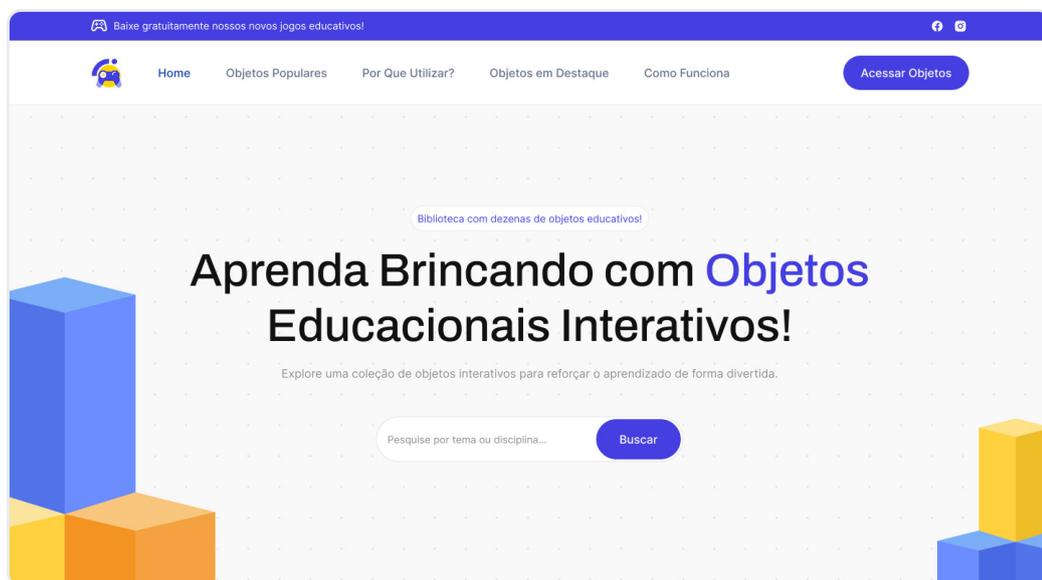
- Destaque para objetos populares: seção dinâmica, atualizada conforme avaliações e número de acessos/downloads, facilitando a descoberta de recursos relevantes;
- Biblioteca de objetos categorizados: categorização funcional por temas e disciplinas, permitindo ao usuário filtrar e explorar conteúdos de forma mais direcionada;
- Menu superior fixo: implementado de forma responsiva, garantindo acesso rápido às seções mais importantes do repositório em diferentes tamanhos de tela.

Essa implementação consolidou a transição do protótipo visual para um ambiente navegável e funcional, aproximando o ROVA de uma aplicação real, passível de uso por professores e alunos no contexto educacional.

O menu superior é um elemento chave para a navegação eficiente dentro da plataforma de objetos de aprendizagem virtuais (ROVA), garantindo acesso rápido e direto às seções mais relevantes. A seguir, detalhamos cada item do menu:

- **Home:** Acesso à página inicial e aos recursos recomendados:

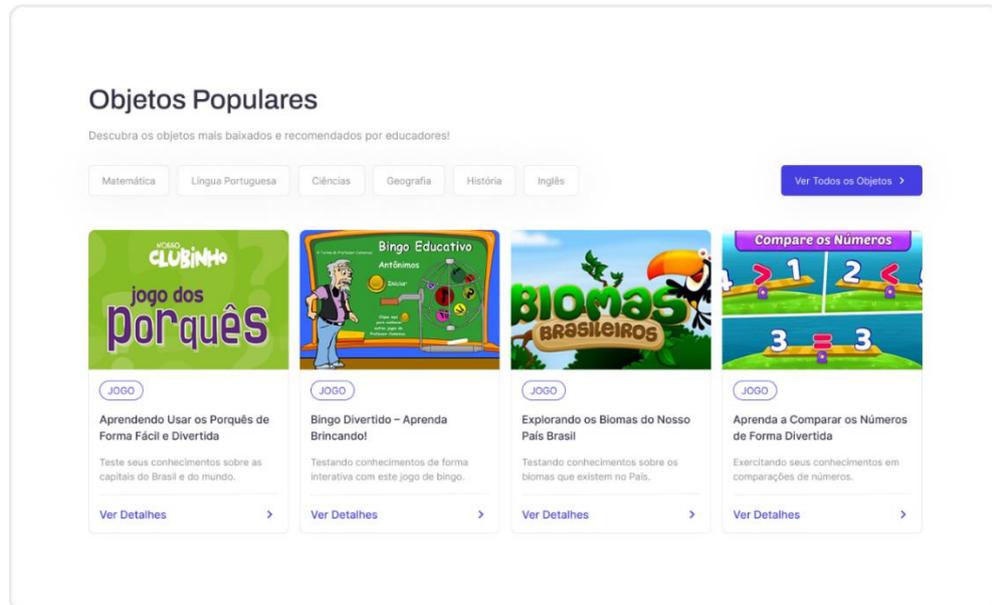
Figura 8 – Página Inicial (Hero banner).



Fonte: Os autores, 2025.

- **Objetos Populares:** Catálogo dos materiais mais baixados e bem avaliados:

Figura 9 – Seção de Objetos Populares.



Fonte: Os autores 2025.

- **Por Que Utilizar?:** Seção explicativa sobre os benefícios dos objetos de aprendizagem virtuais na educação.

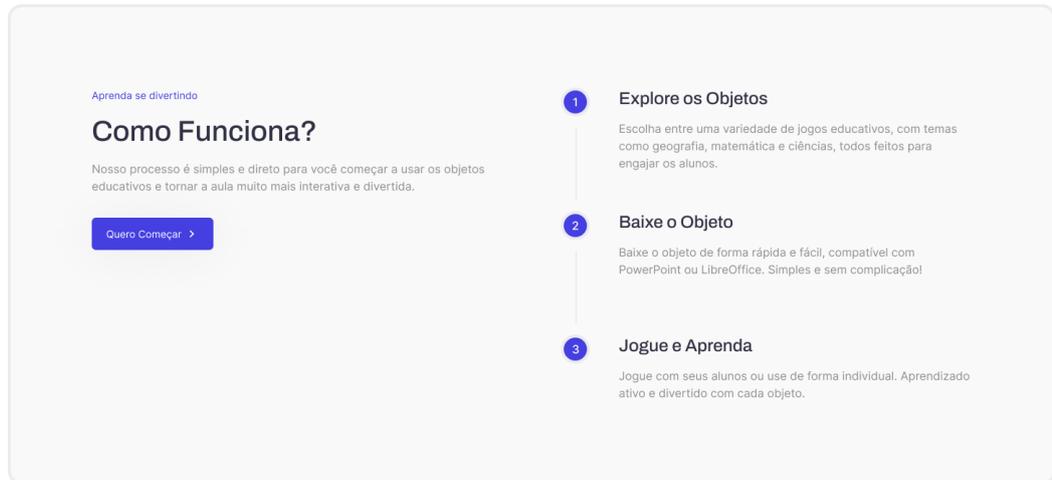
Figura 10 – Seção Por Que Utilizar.



Fonte: Os autores 2025.

- **Como Funciona:** Instruções detalhadas sobre como explorar, baixar e utilizar os ROVA de forma eficiente.

Figura 11 – Seção de Como Funciona.



Fonte: Os autores 2025.

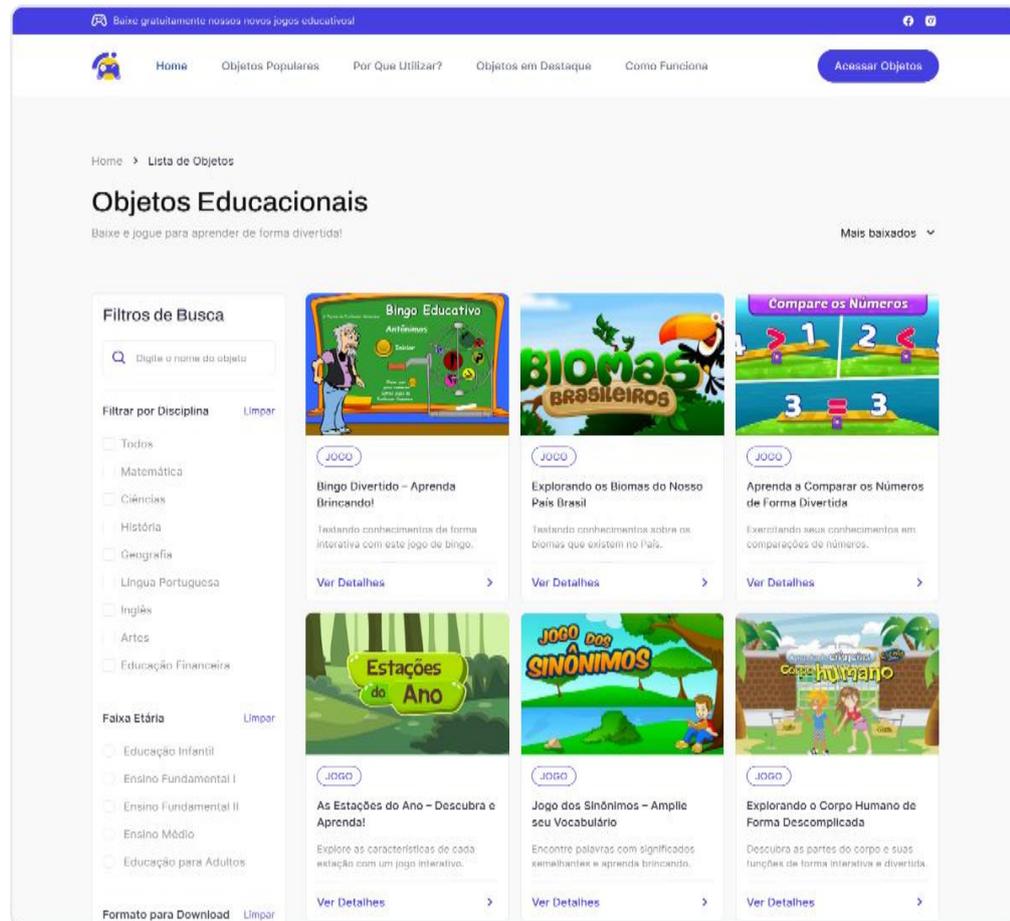
5.1.2 Lista de Objetos - Desktop

A interface de listagem de objetos foi projetada para oferecer um sistema de filtros dinâmico e eficaz, permitindo que os usuários refinem suas buscas conforme critérios específicos:

- Disciplina: Matemática, Ciências, Geografia, História, Língua Portuguesa, Inglês, Artes, **Educação Financeira**;
- **Faixa etária** **Nível de ensino**: Educação Infantil, Ensino Fundamental I e II, Ensino Médio, Educação para Adultos;
- Formato para download: PowerPoint (.pptx, .pptm);
- Nível de dificuldade: Fácil, Médio, Difícil.

Cada objeto é apresentado com uma miniatura representativa, um título, uma breve descrição e um botão de acesso para mais detalhes.

Figura 12 – Tela de Listagem dos Objetos.



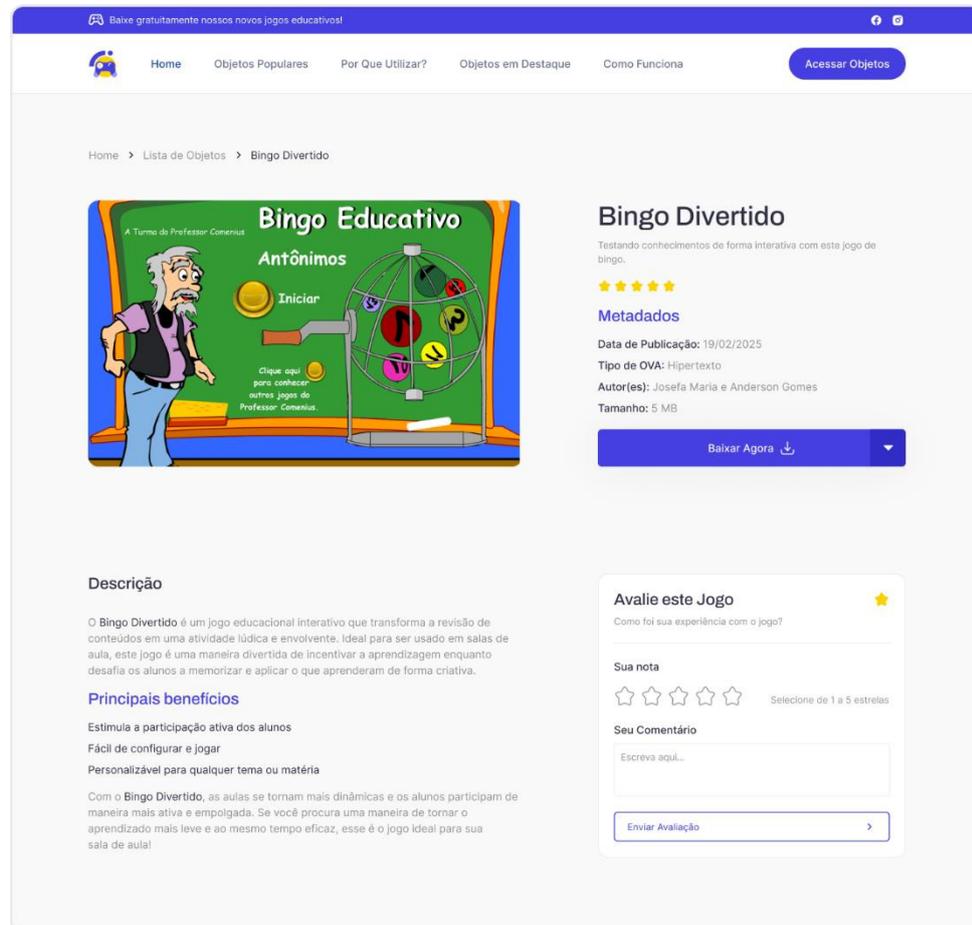
Fonte: Os autores 2025.

5.1.3 Detalhes do Objeto - Desktop

Ao selecionar um objeto, o usuário é direcionado para uma tela específica que contém todas as informações relevantes, incluindo:

- Nome e descrição detalhada do objeto, incluindo seu propósito e funcionamento;
- Tipo de OVA (hipertexto, simulação, jogo de tabuleiro digital, dentre outros.) e autor(es) responsáveis pelo desenvolvimento;
- Data de publicação, atualização e tamanho do arquivo, com botão para download;
- Benefícios educacionais e aplicação pedagógica do objeto;
- Sistema de avaliação por estrelas (1 a 5) e campo de comentários para feedback de professores e alunos;
- Sugestões de objetos relacionados, exibindo opções similares.

Figura 13 – Tela de Detalhes do Objeto.



Fonte: Os autores 2025.

5.2 RESULTADOS REPORTADOS EM PESQUISAS E IMPACTO NA APRENDIZAGEM

Antes de tudo, ressalta-se que nesta etapa não foram realizados testes com usuários; os números a seguir são evidências de estudos prévios que contextualizam benefícios esperados.

Pesquisas quantitativas e qualitativas apontam melhorias no engajamento dos estudantes quando objetos virtuais são utilizados de forma contextualizada (PASQUALOTTI; FREITAS, 2001). Além disso, em ambientes onde os professores têm acesso a ROVA bem estruturados, há relatos de maior rapidez na preparação de planos de aula e diversificação de estratégias pedagógicas (SILVA; FERNANDES; SILVA, 2016).

Uma pesquisa conduzida por Alencar e Queiroz (2021), com 120 professores da rede pública de diferentes estados brasileiros, apontou que 64% dos docentes passaram a adotar recursos de um ROVA específico após descobrirem a facilidade de busca e filtragem de materiais. Além disso, 42% afirmaram ter economizado mais de cinco horas semanais na

elaboração de planos de aula, graças à variedade de objetos prontos para uso. Esses números demonstram que, quando bem estruturados e divulgados, os repositórios podem efetivamente otimizar tempo e melhorar a qualidade dos recursos didáticos utilizados.

Outro impacto significativo é a criação de comunidades de prática, nas quais docentes e discentes trocam percepções sobre os OVA. Esse processo de troca gera maior senso de pertencimento e colaboração (LOPES; CARVALHO, 2015). Além disso, a acessibilidade digital, quando respeitada, amplia o alcance do conteúdo a estudantes com diferentes necessidades especiais (TAROUCO, 2006).

5.3 LACUNAS E OPORTUNIDADES: PERSPECTIVAS FUTURAS

Apesar dos avanços alcançados, ainda existem lacunas importantes. Uma delas é a integração efetiva dos ROVA a plataformas de ensino denominadas **Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA)**, bem como a ausência de padrões consolidados para avaliação e curadoria dos objetos (MERCADO; SILVA; NEVES, 2009). Também persiste a necessidade de financiamento e de políticas institucionais que assegurem a atualização contínua do repositório, evitando sua obsolescência (COSTA; MENDES, 2017).

Mesmo com essas iniciativas, ainda ocorrem problemas de encontrabilidade quando as descrições e metadados não seguem um padrão consistente ou se apoiam em taxonomias confusas. Conseqüentemente, o processo de catalogação e filtragem torna-se ineficaz, fazendo com que educadores desperdicem tempo até localizar o objeto ideal. Assim, há espaço para implementar práticas mais robustas de organização, usabilidade, acessibilidade e experiência do usuário, envolvendo técnicas de classificação multidimensional (por exemplo, uso de facetas de assunto, nível de ensino, competências) e validação colaborativa.

As oportunidades futuras incluem também:

- Desenvolver estudos longitudinais sobre o impacto de ROVA na aprendizagem, medindo resultados em avaliações externas ou performance acadêmica.
- Ampliar a participação de usuários na curadoria e avaliação de objetos, usando ferramentas de *feedback* colaborativo (SILVA, 2023).
- Aprofundar pesquisas sobre acessibilidade e adequação a diferentes dispositivos, incluindo análise de experiências com realidade virtual e simuladores (ALVES; SOUZA, 2021).

5.4 RESULTADOS TÉCNICOS DO BACKEND

Além dos aspectos de uso observáveis na interface, esta etapa consolidou entregas de engenharia que dão suporte direto às funcionalidades e aos princípios informacionais discutidos na revisão.

A API REST foi organizada em domínios claros: objetos, facetas, avaliações (*ratings*), download e preview. As rotas de listagem aceitam filtros textuais e estruturados. No caso de facetas, o parâmetro *lomFilters* recebe um JSON que é traduzido para agregações no MongoDB, retornando contagens por valor, o que implementa busca facetada conforme práticas de AI e metadados educacionais.

Já o upload de arquivos é realizado com Multer, em campos distintos para o arquivo principal e para a miniatura (*thumbnail*). Há validação de extensão, limite de tamanho e detecção de MIME. Miniaturas são processadas com Sharp para garantir dimensões mínimas e formato otimizado (WebP). No *backend* local, arquivos e miniaturas são salvos sob diretório de storage e servidos por rota estática; no *backend* S3, o serviço persiste sob um *bucket* com criptografia do lado do servidor e controla a distribuição por URL assinada com TTL configurável.

O núcleo transacional, por sua vez, fica no PostgreSQL (objetos, avaliações, contadores), enquanto os metadados educacionais seguem o padrão LOM e são armazenados no MongoDB, o que permite agregações para facetas sem penalizar as operações relacionais. A criação de um objeto envolve: salvar o arquivo, registrar o objeto no Postgres, transformar e persistir os metadados em Mongo e associar a miniatura processada, quando fornecida.

Abordando os aspectos de curadoria, o mecanismo de avaliações permite nota de 1 a 5, comentário e versão. Em PostgreSQL, há unicidade por combinação de objeto, usuário e versão, evitando duplicação de votos. As consultas de listagem e de detalhes retornam a média e a contagem por objeto. Essa abordagem torna o cálculo idempotente e reproduzível sem caches complexos.

A rota de download incrementa *downloads_count* de maneira atômica e decide a forma de entrega conforme o *backend* de armazenamento: streaming local via *sendFile* ou redirecionamento para URL assinada no S3. Nomes de arquivo são normalizados para uso seguro em cabeçalhos HTTP, e *headers* adequados são enviados para compatibilidade entre

navegadores.

Ressalta-se que *backend* implementa autenticação via JWT, com rotas protegidas quando aplicável. O CORS é restrito ao domínio do *frontend*, e políticas de validação de entrada, limites de tamanho e saneamento de nomes de arquivo mitigam riscos comuns em uploads. No S3, recomenda-se política IAM de privilégio mínimo e versionamento no *bucket*.

Índices também foram planejados para colunas e campos críticos em ambos os bancos. Triggers de atualização mantêm a integridade de carimbos temporais. O desenho que separa núcleo relacional e índice documental facilita a evolução de taxonomias e filtros sem migrações disruptivas, respeitando as boas práticas de AI e os padrões de metadados citados na revisão. A implantação em nuvem (GKE) está preparada com contêineres, variáveis de ambiente, *health checks* e *secrets*, viabilizando escalabilidade horizontal e isolamento de falhas.

O resultado desta etapa é, portanto, um repositório funcional, com camada de serviços capaz de cadastrar, descrever, indexar, listar, avaliar e distribuir objetos com segurança. A ligação entre princípios de Arquitetura da Informação e decisões de *backend* se materializa em rotas, modelos e consultas, permitindo que a interface ofereça busca eficiente, facetas coerentes e detalhamento completo sem comprometer integridade, desempenho ou segurança.

Já sobre as lacunas mapeadas – interoperabilidade com LMS, curadoria e avaliação pedagógica, além de acessibilidade avançada – estão traduzidas em um roteiro de evolução que preserva a base construída e projeta o repositório para integração e crescimento sustentáveis.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho defendeu a importância dos Repositórios de Objetos Virtuais de Aprendizagem (ROVA), com foco em sua amplitude temática, densidade conceitual e caráter estratégico para a educação. Ao longo dos capítulos, foram revisadas bibliografias especializadas, analisados criticamente modelos e práticas vigentes e discutidas contribuições pautadas em princípios de Arquitetura da Informação.

Na primeira fase, a ênfase recaiu sobre a análise conceitual e o desenvolvimento do protótipo em Figma. Já na segunda fase, avançou-se para a implementação funcional do repositório, permitindo a validação prática de aspectos como navegabilidade, responsividade e usabilidade. Embora ainda não tenham sido conduzidos experimentos empíricos com usuários em larga escala, evidências oriundas de pesquisas anteriores (e.g., Alencar e Queiroz, 2021; Silva e Martins, 2022) reforçam que professores e estudantes reconhecem o valor de plataformas bem estruturadas. Em tais estudos, aproximadamente 70% dos participantes afirmaram sentir maior motivação em participar de comunidades de prática, enquanto 55% relataram redução do retrabalho na preparação de aulas.

Esses dados, associados aos resultados obtidos neste trabalho, apontam para a necessidade de consolidar uma cultura de repositórios educacionais, sustentada por princípios de Arquitetura da Informação e estratégias de incentivo institucional. Além disso, reforçam que, ao se adotar boas práticas de organização, usabilidade, acessibilidade e experiência do usuário, um repositório pode alcançar maior relevância e efetivamente contribuir para a disseminação de conteúdos digitais na educação. Assim, a hipótese de que ROVA impactam positivamente o processo de ensino e aprendizagem, sobretudo quando estruturados segundo diretrizes atualizadas como as de Silva (2023), mostra-se plausível e consistente com a literatura consultada.

6.1 CONTRIBUIÇÕES PARA A PESQUISA E PARA A PRÁTICA DOCENTE

Entre as principais contribuições deste trabalho, destaca-se o aprofundamento teórico acerca do potencial dos ROVA no contexto educacional, especialmente quanto à democratização do acesso, ao reuso de recursos e ao incentivo à inovação pedagógica. Também foi possível oferecer uma visão crítica, identificando limitações e sugerindo possibilidades de melhoria, como a integração com Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA), a

implementação de padrões de acessibilidade mais robustos e o fortalecimento dos processos de curadoria.

Do ponto de vista prático, a implementação do protótipo funcional trouxe evidências sobre a viabilidade técnica e pedagógica de um repositório, gerando reflexões úteis para professores e gestores educacionais. Esses resultados oferecem argumentos sólidos quanto à pertinência de investir em plataformas desse tipo, capazes de otimizar o tempo docente, diversificar estratégias didáticas e estimular a colaboração entre pares.

6.2 LIMITAÇÕES DO ESTUDO E SUGESTÃO DE PESQUISA

Apesar dos avanços obtidos, algumas limitações permanecem. O sistema desenvolvido corresponde a uma versão inicial, com funcionalidades ainda restritas, e não foi submetido a testes empíricos sistemáticos com usuários finais. Assim, as contribuições práticas concentram-se na implementação e validação técnica das interfaces, mas não contemplam a mensuração de impacto em larga escala no ambiente escolar.

Pesquisas futuras podem aprofundar esse processo em diferentes direções. Recomenda-se o desenvolvimento de versões mais integradas do ROVA, contemplando maior número de recursos e validação por meio de testes com professores e alunos de diferentes perfis. Também se sugere a análise da integração com sistemas educacionais amplamente utilizados, como Moodle e Google Classroom, bem como o uso de técnicas de curadoria apoiadas por inteligência artificial, capazes de oferecer recomendações personalizadas e categorização de objetos.

Outro campo promissor consiste na investigação de políticas de incentivo que fortaleçam a cultura de uso e manutenção dos repositórios, criando condições para que professores e estudantes se tornem participantes ativos em comunidades de prática. Dessa forma, os ROVA podem se consolidar não apenas como ferramentas técnicas, mas como instrumentos estratégicos para inovação pedagógica e fortalecimento da aprendizagem colaborativa.

6.3 CONCLUSÃO

O presente trabalho defendeu a importância dos Repositórios de Objetos Virtuais de Aprendizagem (ROVA), destacando sua amplitude temática, densidade conceitual e relevância estratégica para a educação. Ao longo dos capítulos, revisou-se bibliografia especializada, analisaram-se criticamente modelos e práticas vigentes e discutiram-se contribuições apoiadas em princípios de Arquitetura da Informação.

Nesta segunda etapa, o recorte individual concentrou-se na engenharia de *backend*: desenho e implementação da API em Node/Express, definição dos modelos de dados e integrações, processamento seguro de uploads, persistência híbrida (PostgreSQL e MongoDB), armazenamento compatível com S3 e contratos REST capazes de sustentar navegação, busca facetada, avaliação por estrelas e download com contagem.

Na primeira fase, a ênfase recaiu sobre a análise conceitual e a prototipação em Figma. Já nesta fase, avançou-se para a implementação funcional do repositório e a validação técnica de componentes críticos do servidor — autenticação, rotas, regras de negócio, indexação de metadados, *logging* e preparação para implantação. Embora ainda não tenham sido conduzidos experimentos empíricos com usuários em larga escala, evidências reportadas na literatura (por exemplo, ALENCAR; QUEIROZ, 2021; SILVA; MARTINS, 2022) indicam que professores e estudantes reconhecem o valor de plataformas bem estruturadas, com ganhos de motivação e economia de tempo na preparação de aulas.

Esses dados, associados aos resultados técnicos alcançados, reforçam a necessidade de consolidar uma cultura de repositórios educacionais sustentada por princípios de Arquitetura da Informação e por uma infraestrutura de *backend* robusta. A adoção de boas práticas de organização, usabilidade e acessibilidade no nível da interface somente se materializa quando apoiada por serviços estáveis, modelos de dados consistentes, políticas de segurança e observabilidade adequadas. Assim, a hipótese de que ROVA impactam positivamente o processo de ensino e aprendizagem, sobretudo quando estruturados segundo diretrizes como as de SILVA (2023) e orientados por engenharia de software sólida, mostra-se plausível e alinhada à literatura consultada.

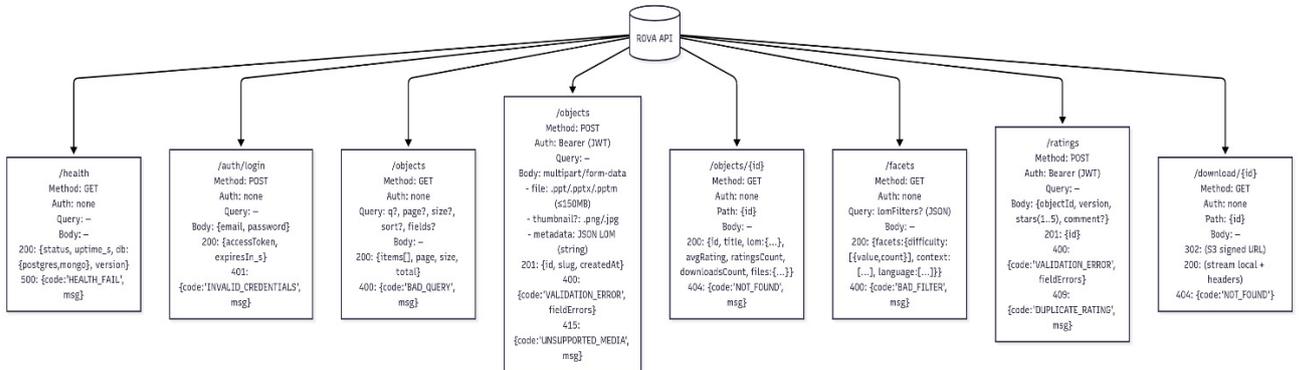
REFERÊNCIAS

- ALVES, L.; SOUZA, A. C. Repositórios de objetos de aprendizagem: possibilidades pedagógicas. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 25, n. 2, p. 14–29, 2021.
- BARROS, D. M.; WAGNER, A. J. Objetos de aprendizagem virtuais: material didático para a educação básica. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa**, v. 4, n. 2, p. 73–84, 2005.
- BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais. **Diário Oficial da União**, 15 ago. 2018.
- COSTA, M. J. M.; MENDES, A. C. C. Bibliotecas e repositórios de objetos de aprendizagem: potencialidades para o processo de aprendizagem. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 22, p. 1–11, 2017.
- DCMI. Dublin Core™ Metadata Element Set, Version 1.1. 2012. Disponível em: <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dces/>. Acesso em: 7 set. 2025.
- GOMES, I.; FREITAS, C. Objetos virtuais de aprendizagem na formação de professores. In: **Actas do Challenges 2005**, Braga–PT, 2005.
- GARRETT, J. J. **The elements of user experience: user-centered design for the web and beyond**. Berkeley: New Riders, 2011.
- IEEE. IEEE 1484.12.1-2002 — Learning Object Metadata. New York: **IEEE**, 2002.
- LOPES, L.; CARVALHO, A. A. As tecnologias de informação e comunicação na formação de professores. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 8, n. 1, p. 33-49, 2015.
- MEC. *Plataforma MEC – Recursos Educacionais Digitais (MEC RED)*. Disponível em: <https://plataformaintegrada.mec.gov.br/>. Acesso em: 7 set. 2025.
- MELARÉ, D. M. V.; WAGNER, A. J. Objetos de aprendizagem virtuais: material didático para a educação básica. **Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa**, v. 4, n. 2, p. 73–84, 2005.

- MERLOT. *Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching*. Disponível em: <https://www.merlot.org/>. Acesso em: 7 set. 2025.
- MERCADO, L. P. L.; SILVA, I. P.; NEVES, Y. P. C. Objetos virtuais de aprendizagem na formação de professores do ensino médio. **Revista Iberoamericana de Informática Educativa**, n. 9, p. 35–49, 2009.
- NIELSEN, J. **Usability engineering**. San Francisco: Morgan Kaufmann, 1994.
- NIELSEN, J.; LORANGER, H. **Prioritizing web usability**. Indianapolis: New Riders, 2006.
- PASQUALOTTI, A.; FREITAS, C. M. D. S. Experimentação de ambiente virtual para melhoria do ensino-aprendizagem. **Bolema**, v. 14, n. 16, p. 35–49, 2001.
- ROSENFELD, Louis; MORVILLE, Peter; ARANGO, Jorge. *Information Architecture for the Web and Beyond*. 4. ed. USA: O'Reilly Media, 2015.
- SILVA, E. L. **Diretrizes para Estruturação de Repositórios de Objetos Virtuais de Aprendizagem Fundamentadas nos Princípios da Arquitetura da Informação**. 2023. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2023.
- SILVA, E. L.; SOUZA, R. M. F. S. Variáveis para planejamento de repositórios de objetos de aprendizagem na área da saúde: uma revisão integrativa. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, n. 40, p. 1–25, 2021.
- SILVA, F. S.; FERNANDES, I.; SILVA, A. Banco Internacional de Objetos Educacionais: caracterização dos objetos virtuais de aprendizagem disponibilizados para docência. **Revista de Pesquisa Interdisciplinar**, v. 1, ed. especial, p. 191–201, 2016.
- TAROUCO, L. M. R. Objetos de aprendizagem na educação. **CINTED – Novas Tecnologias na Educação**, v. 4, n. 2, p. 1–11, 2006.
- W3C – World Wide Web Consortium. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.1**. 2018. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/WCAG21/>. Acesso em: 7 set. 2025.
- W3C. *Accessible Rich Internet Applications (WAI-ARIA) 1.2*. 2021. Disponível em: <https://www.w3.org/TR/wai-aria-1.2/>. Acesso em: 7 set. 2025.

ANEXO A – CONTRATOS DE API

Figura 14



Fonte: Os autores 2025.

O trecho abaixo consolida os contratos oficiais do backend do Repositório de Objetos Virtuais de Aprendizagem (ROVA). As seções apresentam padrões globais, endpoints com exemplos e regras de validação. A especificação completa em OpenAPI 3.1 acompanha o trabalho.

PADRÕES GLOBAIS

- **Autenticação:** header Authorization: Bearer <jwt>.
- **Erros:** formato padronizado { error, code, details? } com code estável (ex.: validation_error, not_found, duplicate_upload).
- **Paginação:** offset ≥ 0 (padrão 0) e limit $\in [1,100]$ (padrão 12).
- **Ordenação:** sort = [-]created_at | [-]downloads | [-]rating (prefixo '-' = desc).
- **Cache:** ETag em GET /objects e GET /objects/{id}.

```

Erro (modelo)
{
  "error": "mensagem resumida",
  "code": "validation_error",
  "details": { "campo": "motivo" }
}

```

Figura A.1 — Formato de erro padronizado.

INFRAESTRUTURA

- *GET /healthz*

Checagem de saúde do serviço (sem autenticação).

```
200 OK
{ "status": "ok", "uptime_seconds": 12345.6 }
```

Figura A.2 — Exemplo de resposta do health check.

AUTENTICAÇÃO

- *POST /auth/login*

Solicita token de sessão via email/senha. Respeita limites por IP/usuário. Respostas trazem também cabeçalhos de rate limit.

```
Request (application/json)
{ "email": "user@ex.com", "password": "S3nh@F0rte" }

200 OK
{ "token": "<jwt>", "exp": 3600 }

401 Unauthorized
{ "error": "invalid credentials", "code": "invalid_credentials" }

422 Unprocessable Entity
{ "error": "campo inválido", "code": "validation_error", "details":
{"email": "formato" } }
```

Figura A.3 — Login: exemplos de respostas.

OBJETOS

- *GET /objects*

Busca pública com facetas. Filtros LOM aceitos: `general.language`, `educational.difficulty`, `educational.context`, `general.keyword`, `educational.learningResourceType`.

```
GET
/objects?query=matriz&limit=12&lomFilters={"educational.difficulty":["
easy"],"general.language":["pt-BR"]}

200 OK
{
  "items": [
    {
      "id": 42,
      "title": "Matrizes & Meio Ambiente",
```

```

    "slug": "matrizes-meio-ambiente",
    "thumbnail_url": "https://.../t/42.webp",
    "ratings": { "avg": 4.6, "count": 28 },
    "downloads_count": 341
  }
],
"total": 21,
"offset": 0,
"limit": 12,
"facets": {
  "language": [ { "value": "pt-BR", "count": 18 }, { "value": "en",
"count": 3 } ],
  "difficulty": [ { "value": "easy", "count": 7 }, { "value":
"medium", "count": 9 } ]
}
}

422
{ "error": "filtro
malformado", "code": "validation_error", "details": { "lomFilters": "json
inválido" } }

```

Figura A.4 — Listagem com facetas.

- POST /objects

Cadastro privado (autenticado). multipart/form-data com arquivo principal, thumbnail opcional e metadados LOM em JSON. Suporte a Idempotency-Key para evitar duplicação.

```

Campos e validações
file          .ppt | .pptx | .pptm ; até 150 MB ; MIME verificado
thumbnail    .jpg | .jpeg | .png | .webp ; até 2 MB ; mín. 400x300
metadata     JSON LOM válido

```

```

201 Created
{
  "id": 77,
  "slug": "proporcoes-ambientais",
  "storage": "s3",
  "file": { "filename": "proporcoes.pptx", "size_bytes":
1048576, "checksum_sha256": "<hex>" },
  "created_at": "2025-09-12T18:00:00Z"
}

400 Bad Request
{ "error": "arquivo inválido", "code": "invalid_file_type" }

401 Unauthorized
{ "error": "não autenticado", "code": "unauthorized" }

409 Conflict
{ "error": "duplicado", "code": "duplicate_upload" }

415 Unsupported Media Type

```

```
{ "error":"mídia não suportada","code":"unsupported_media_type" }

422 Unprocessable Entity
{ "error":"lom
inválido","code":"validation_error","details":{"metadata":"campo X"}}}
```

Figura A.5 — Upload de objeto: respostas típicas.

- *GET /objects/{id}*

```
200 OK
{
  "id": 42,
  "title": "Matrizes & Meio Ambiente",
  "slug": "matrizes-meio-ambiente",
  "thumbnail_url": "https://.../t/42.webp",
  "ratings": { "avg": 4.6, "count": 28 },
  "downloads_count": 341,
  "lom": { ... },
  "file": {
    "filename": "matrizes.pptx",
    "size_bytes": 12345678,
    "checksum_sha256": "<hex>",
    "storage": "s3",
    "content_type": "application/vnd.openxmlformats-officedocument.presentationml.presentation"
  },
  "created_at": "2025-09-12T12:34:56Z",
  "updated_at": "2025-09-12T13:00:00Z"
}

404
{ "error":"não encontrado","code":"not_found"}
```

Figura A.6 — Detalhe de objeto.

AVALIAÇÕES

- *POST /objects/{id}/ratings*

Registra avaliação (1 a 5) com unicidade por (usuário, versão). Recomenda-se Idempotency-Key.

```
Request
{ "stars": 5, "comment": "excelente", "version": "1.0" }

201 Created
{ "id": 123, "object_id": 42, "stars": 5, "comment": "excelente",
"version": "1.0", "created_at": "2025-09-12T12:00:00Z" }

409
{ "error":"voto duplicado","code":"duplicate_vote" }
```

```
422
{ "error": "corpo
inválido", "code": "validation_error", "details": {"stars": "range"} }
```

Figura A.7 — Criação de avaliação.

DOWNLOAD

- *GET /objects/{id}/download*

Público. Incrementa o contador e entrega streaming local ou redireciona para URL assinada (S3).

```
200 OK (local)
Content-Type: application/vnd.openxmlformats-
officedocument.presentationml.presentation
Content-Disposition: attachment; filename="matrizes.pptx"
Content-Length: 12345678

302 Found (S3)
Location: https://s3.amazonaws.com/bucket/key?X-Amz-Signature= \[...\]

404
{ "error": "não encontrado", "code": "not_found" }

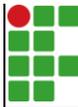
429
{ "error": "muitas requisições", "code": "rate_limited" }
```

Figura A.8 — Fluxo de download (local vs. S3).

REGRAS DE NEGÓCIO E VALIDAÇÕES

- Unicidade de avaliação por (object_id, user_id, version).
- Normalização LOM: idioma ISO, slugs, remoção de diacríticos, sinônimos consolidados.
- Verificação consistente de extensão e MIME (rejeitar content-type forjado).
- URL S3 com TTL padrão de 300s; Content-Disposition com filename normalizado.
- Logs JSON por rota (latência, status); health/readiness para orquestração.

Parâmetros de ordenação/filtros desconhecidos - 422 (validation_error).

	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DA PARAÍBA
	Campus Cajazeiras - Código INEP: 25008978
	Rua José Antônio da Silva, 300, Jardim Oásis, CEP 58.900-000, Cajazeiras (PB)
	CNPJ: 10.783.898/0005-07 - Telefone: (83) 3532-4100

Documento Digitalizado Restrito

TCC com ficha catalográfica e folha de assinaturas

Assunto:	TCC com ficha catalográfica e folha de assinaturas
Assinado por:	Gabriel Silva
Tipo do Documento:	Anexo
Situação:	Finalizado
Nível de Acesso:	Restrito
Hipótese Legal:	Informação Pessoal (Art. 31 da Lei no 12.527/2011)
Tipo do Conferência:	Cópia Simples

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gabriel Alves da Silva, ALUNO (201922010006) DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS - CAJAZEIRAS**, em 22/09/2025 10:40:10.

Este documento foi armazenado no SUAP em 22/09/2025. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifpb.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 1617110
Código de Autenticação: 125d2136f5

