

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTI-INSTITUCIONAL EM
DIFUSÃO DE CONHECIMENTO**

SANVAL EBERT DE FREITAS SANTOS

**MODELO CONCEITUAL PARA AMBIENTES VIRTUAIS DE
ENSINO E APRENDIZAGEM COM INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS
DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Salvador – BA
2025

SANVAL EBERT DE FREITAS SANTOS

**MODELO CONCEITUAL PARA AMBIENTES VIRTUAIS DE
ENSINO E APRENDIZAGEM COM INTEGRAÇÃO DE TÉCNICAS
DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação Multi-Institucional e Multidisciplinar em Difusão de Conhecimento, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Difusão do Conhecimento.

Áreas de Concentração: Modelagem da Geração e Difusão do Conhecimento

Linha 2: Difusão do Conhecimento – Informação, Comunicação e Gestão

Orientador: Hugo Saba Pereira Cardoso

Salvador – BA
2025

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTI-INSTITUCIONAL EM DIFUSÃO DE CONHECIMENTO

Tese defendida aos membros da banca examinadora e ao colegiado do Programa Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento (DMMDC), como requisito para obtenção do título de Doutor em Difusão do Conhecimento. Aprovada em 21 de julho de 2025.

Dissertação defendida em 21/07/2025, aprovada pela banca examinadora constituída por:

Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso – Orientador
Universidade do Estado da Bahia - UNEB

Prof. Dr. Eduardo Jorge – Membro Externo
Universidade do Estado da Bahia - UNEB

Profa. Dra. Ingrid Winkler – Membro Externo
Centro Universitário – SENAI CIMATEC

Prof. Dr. Márcio Araújo – Membro Interno
Instituto Federal da Bahia (IFBA)

Prof. Dr. Romilson Lopes Sampaio – Membro Interno
Instituto Federal da Bahia (IFBA)

Prof. Dra. Maria Eduarda da Silva Teixeira Fernandes – Membro Externo
Instituto Plitécnico de Leiria (PORTUGAL)

Salvador – BA
2025

Dedico este trabalho, com amor e gratidão, à minha família, que é a base da minha trajetória e o alicerce de cada conquista. Em especial, às minhas filhas Geovanna Maia Freitas e Rebeca Maia Freitas, que são minha maior inspiração e razão diária para seguir em frente com coragem e propósito.

Com profundo reconhecimento, dedico também aos meus pais, Lourival Almeida Santos e Maria Sandra de Freitas, que me ensinaram, com exemplos e valores, o verdadeiro significado de esforço, humildade e integridade.

Estendo esta dedicatória à memória dos meus avós, Eliude Alves da Rocha e Lourival Santos (in memoriam), cuja presença continua viva em mim por meio do amor e dos ensinamentos que deixaram.

AGRADECIMENTO

Agradeço a todos que fizeram parte desta jornada de doutorado, em especial à minha família, pelo amor, paciência e apoio incondicional. Às minhas filhas Geovanna Maia Freitas e Rebeca Maia Freitas, minha maior fonte de inspiração. Aos meus pais, Lourival Almeida Santos e Maria Sandra de Freitas, que me ensinaram com o exemplo a importância da educação, da humildade e da dedicação.

Sou especialmente grato ao meu orientador, Prof. Dr. Hugo Saba Pereira Cardoso, pela orientação firme, pela escuta generosa e pelas provocações que elevaram a qualidade deste trabalho.

Estendo minha sincera gratidão aos coautores dos artigos que compõem esta tese, cuja colaboração foi pontual para o desenvolvimento da pesquisa: Prof. Dr. Eduardo Manuel de Freitas Jorge, Profª. Dra. Ingrid Winkler, Prof. Dr. Márcio Luís Valença Araújo, Prof. Dr. Aloisio Santos Nascimento Filho.

A contribuição de cada um foi decisiva para fortalecer o rigor, a aplicabilidade e a interdisciplinaridade desta investigação.

Este trabalho é fruto de um esforço coletivo, movido pelo compromisso com a transformação da educação por meio das tecnologias emergentes. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram com este percurso, meu muito obrigado.

A IA tem o potencial de democratizar o acesso a ferramentas criativas e de permitir que
as pessoas se expressem de formas novas e estimulantes

Sam Altman

SANTOS, Sanval Ebert de Freitas. Modelo conceitual para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com integração de técnicas de Inteligência Artificial. 2025. [número de folhas] f. Tese (Doutorado em Difusão do Conhecimento) – Instituto Federal da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Difusão do Conhecimento (DMMDC), Salvador, 2025.

Resumo

O avanço dos Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) e a crescente adoção de técnicas de Inteligência Artificial (IA) na educação evidenciam desafios relacionados à personalização, ao monitoramento e ao suporte aos processos de ensino e aprendizagem. Embora o uso da IA nesses ambientes esteja em expansão, observa-se a ausência de modelos conceituais que orientem, de forma estruturada, sua integração pedagógica. Esta tese teve como objetivo desenvolver um modelo conceitual para AVEAs com incorporação de técnicas de IA, voltado ao suporte de processos educacionais. Estruturada no formato multipaper, a pesquisa foi conduzida em três etapas metodológicas: revisão sistemática da literatura, desenvolvimento do modelo com base na abordagem *Design Science Research* e validação qualitativa com especialistas por meio do método Vali-Quali. O modelo resultante organiza-se em quatro dimensões, personalização, engajamento, monitoramento e análise de desempenho, que reúnem processos e funcionalidades orientadas à mediação pedagógica com suporte da IA. Como desdobramento, a pesquisa originou o desenvolvimento da plataforma web *InteliEduca*, que representa interativamente o modelo conceitual proposto. A aplicação visa ampliar a acessibilidade, a compreensão e a aplicabilidade do modelo em contextos reais, funcionando como recurso de apoio à formação, à pesquisa e à inovação educacional. Os resultados da tese contribuem de forma teórica, metodológica e aplicada, oferecendo um referencial estruturado para a integração da IA na educação, com potencial de implementação em plataformas como AWS, *Azure* e *Google Cloud*. Além disso, aponta direções para estudos futuros, incluindo a construção prática dos modelos de IA associados às dimensões propostas, bem como sua implementação em ambientes educacionais reais.

Palavras-chave: Ambientes Virtuais, Inteligência Artificial, Modelo Conceitual, Inteligência Artificial, Educação Inovadora.

SANTOS, Sanval Ebert de Freitas. A conceptual model for Virtual Learning Environments with the integration of Artificial Intelligence techniques. 2025. [number of pages] f. Thesis (Doctorate in Knowledge Diffusion) – Federal Institute of Bahia, Multidisciplinary and Multi-Institutional Doctoral Program in Knowledge Diffusion (DMMDC), Salvador, 2025.

Abstract

The advancement of Virtual Learning Environments (VLEs) and the growing adoption of Artificial Intelligence (AI) techniques in education highlight challenges related to personalization, monitoring, and pedagogical support. Although the use of AI in these environments is expanding, there is a lack of conceptual models that systematically guide its pedagogical integration. This dissertation aimed to develop a conceptual model for VLEs incorporating AI techniques, oriented toward supporting educational processes. Structured in a multipaper format, the research was conducted in three methodological stages: a systematic literature review, model development based on the Design Science Research approach, and qualitative validation with experts using the Vali-Quali method. The resulting model is organized into four dimensions, personalization, engagement, monitoring, and performance analysis, each comprising processes and functionalities that support pedagogical mediation through AI. As a practical outcome, the research led to the development of the InteliEduca web platform, which provides an interactive representation of the proposed conceptual model. The application is designed to enhance accessibility, understanding, and applicability of the model in real-world contexts, serving as a resource for teacher training, research, and educational innovation.

The findings contribute theoretically, methodologically, and practically by offering a structured framework for integrating AI into education, with potential for implementation in platforms such as AWS, Azure, and Google Cloud. Furthermore, the study outlines directions for future research, including the practical construction of AI models associated with the proposed dimensions and their implementation in real educational environments.

Keywords: Virtual Learning Environments; Artificial Intelligence; Conceptual Model; Artificial Intelligence; Innovative Education.

LISTA DE FIGURAS

Capítulo 3 – Artigo 1: Agentes Inteligentes para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem: uma revisão sistemática

- Figura 1 – Diagrama de fluxo da revisão sistemática, adaptado de PRISMA
- Figura 2 – Nuvem de palavras gerada por mineração de texto

Capítulo 4 – Artigo 2: Modelo Conceitual para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com Inteligência Artificial

- Figura 1 – Percurso Metodológico
- Figura 2 – Fluxograma Pedagógico e de Personalização no AVEA
- Figura 3 – Diagrama de Inteligência Artificial em AVEAs
- Figura 4 – Modelo Conceitual de AVEA com IA
- Figura Apêndice A1 – Técnicas de Inteligência Artificial

Capítulo 5 – Artigo 3: Validação do Modelo Conceitual de Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com Técnicas de Inteligência Artificial

- Figura 1 – Fundamentação teórica para validação do modelo
- Figura Apêndice A – Modelo Conceitual de AVEA com IA

LISTA DE TABELAS

Capítulo 2 –

Tabela 1 – Etapas metodológicas, produtos da pesquisa e desdobramentos

Capítulo 3 – Artigo 1: Agentes Inteligentes para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem: uma revisão sistemática

- Tabela 1 – Bases de dados
- Tabela 2 – Descritores
- Tabela 3 – Termos recorrentes
- Tabela 4 – Distribuição de publicações por base de dados
- Tabela 5 – Estrato dos trabalhos correlatos
- Tabela 6 – Instituições de ensino
- Tabela 7 – Áreas do conhecimento
- Tabela 8 – Resultados

Capítulo 4 – Artigo 2: Modelo Conceitual para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com Inteligência Artificial

- Tabela 1 – Componentes do modelo
- Tabela 2 – Estrutura da Disciplina
- Tabela Apêndice A1 – Técnicas e Aplicação

Capítulo 5 – Artigo 3: Validação do Modelo Conceitual de Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com Técnicas de Inteligência Artificial

- Tabela 1 – Atributos principais do método Vali-Qual
- Tabela 2 – Perfis dos Participantes Convidados
- Tabela 3 – Critérios de Seleção dos Juízes
- Tabela 4 – Questões norteadoras por perfil de juízes
- Tabela 5 – Médias de avaliação por perfil e critério
- Tabela 6 – Categorias de sugestões e contribuições por perfil de juiz
- Tabela 7 – Destaques analíticos por perfil de juiz

LISTA DE SIGLAS/ABREVIATURAS

IA – Inteligência Artificial

ANNs – Artificial Neural Networks

AVEA – Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem

AWS – Amazon Web Services

CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DMMDC – Programa de Pós-Graduação Multi-Institucional e Multidisciplinar em
Difusão do Conhecimento

DSR – Design Science Research

IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers

IFBA – Instituto Federal da Bahia

LMS – Learning Management System

RSL – Revisão Sistemática da Literatura

USP – Universidade de São Paulo

VLE – Virtual Learning Environment

Vali-Quali – Método de Validação Qualitativa com Especialistas

PRISMA – Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses

SUMÁRIO

| | |
|---|------------|
| CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO | 13 |
| CAPÍTULO 2 - PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA | 19 |
| 2.1 ETAPA 1 – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA | 20 |
| 2.2 ETAPA 2 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO CONCEITUAL | 21 |
| 2.3 ETAPA 3 – VALIDAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL | 22 |
| CAPÍTULO 3 – ARTIGO SUBMETIDO E ACEITO DA REVISTA HOLOS | 23 |
| 1. INTRODUÇÃO | 24 |
| 2. MÉTODOS | 25 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 30 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 38 |
| 5. AGRADECIMENTO | 39 |
| 6. REFERÊNCIAS | 40 |
| CAPÍTULO 4 – ARTIGO SUBTIDO NA REVISTA IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES..... | 42 |
| 1. INTRODUÇÃO | 43 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS | 45 |
| 3. MODELO CONCEITUAL DE IA EM AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM | 48 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 56 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 59 |
| 6. REFERÊNCIAS | 61 |
| APÊNDICE A - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TÉCNICA | 65 |
| CAPÍTULO 5 – ARTIGO VALIDAÇÃO DO MODELO | 76 |
| 1. INTRODUÇÃO | 76 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS | 78 |
| 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES | 91 |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 99 |
| REFERÊNCIAS: | 101 |
| APÊNDICE A - MODELO CONCEITUAL DE AVEA COM IA..... | 103 |
| APÊNDICE B - INSTRUMENTO DE COLETA | 104 |
| APÊNDICE C - RESPOSTAS DOS JUÍZES ESPECIALISTAS | 108 |
| CAPÍTULO 6 - DISCUSSÃO INTEGRADA DOS RESULTADOS | 110 |
| CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS | 118 |
| REFERÊNCIAS | 120 |

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A incorporação de tecnologias digitais à educação tem contribuído para a reorganização de práticas de ensino, aprendizagem e avaliação em diferentes níveis e modalidades de ensino. Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEA) têm sido utilizados em contextos formais, não formais e informais, abrangendo desde a educação básica até a formação continuada em ambientes corporativos. A diversidade de aplicações dos AVEA reflete não apenas mudanças no uso de recursos tecnológicos, mas também reconfigurações nos papéis docentes e discentes, nas dinâmicas de mediação pedagógica e nas formas de acompanhamento do percurso formativo.

Nesse cenário, a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial (IA) à educação tem sido objeto de investigações que buscam compreender seu potencial na organização de ambientes personalizados, adaptativos e interativos. Essas técnicas incluem mecanismos como sistemas de recomendação, agentes conversacionais, análise de sentimentos e avaliação automatizada, utilizados com a finalidade de apoiar a tomada de decisão pedagógica e promover adaptações em tempo real, com base em dados gerados pelas interações dos estudantes com os ambientes digitais (Pingmuang et al., 2024; Topping et al., 2025).

A literatura tem evidenciado diferentes abordagens para o uso da IA em ambientes educacionais. Tais abordagens envolvem desde a automação de tarefas repetitivas até a mediação de processos avaliativos e o acompanhamento da trajetória de aprendizagem. Estudos recentes discutem, por exemplo, o uso de *chatbots* em aplicativos educacionais, com foco na interação personalizada com estudantes e no suporte ao desenvolvimento de competências específicas. Belda-Medina e Kokošková (2023) analisam a aplicação desses recursos no ensino de línguas, com destaque para o acompanhamento linguístico e a simulação de diálogos em contextos de aprendizagem móvel. Embora existam limitações técnicas, o uso de modelos baseados em linguagem natural tem possibilitado novas formas de mediação didática (Jeon et al., 2023; Kim et al., 2019).

Além disso, há iniciativas voltadas à mediação da autoria e coavaliação de recursos digitais com apoio da IA. Ferramentas desenvolvidas para essas finalidades utilizam algoritmos para organizar conteúdos, identificar padrões de participação e fornecer feedback automatizado com base em critérios predefinidos. Pingmuang et al.

(2024), por exemplo, propõem uma solução voltada à coavaliação entre estudantes, na qual a IA atua na análise do desempenho e na emissão de devolutivas personalizadas, considerando métricas pedagógicas e comportamentais.

A produção científica nacional também tem se debruçado sobre a temática. Estudos como os de Santos et al. (2021), Silva e Cruz (2017) e Palomino (2022) apresentam análises sobre os usos pedagógicos da IA em ambientes digitais, enfatizando as possibilidades de adaptação da aprendizagem, de melhoria no acompanhamento discente e de ampliação da autonomia nos processos educativos. Entretanto, permanecem desafios associados à integração pedagógica desses sistemas, à formação docente para seu uso crítico e à elaboração de modelos que articulem fundamentos educacionais e operacionais de modo coerente com os objetivos de aprendizagem (Reis et al., 2018; Freitas et al., 2021).

A presente tese está organizada em três estudos articulados, que tratam da aplicação de IA em AVEA sob diferentes perspectivas. O primeiro artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura, com foco na identificação de abordagens e tendências no uso de técnicas de IA para personalização da aprendizagem. O segundo artigo propõe um modelo conceitual de AVEA com técnicas de IA, com base em categorias estruturadas a partir da literatura e dos achados do estudo anterior. O terceiro artigo descreve a etapa de validação do modelo proposto, conduzida por meio de um estudo qualitativo com especialistas da área.

Além da estrutura multipaper, esta pesquisa resultou no desenvolvimento da plataforma web *InteliEduca*, que representa o modelo conceitual proposto em formato interativo. A aplicação funciona como uma tradução navegável da tese, reunindo visualmente suas dimensões, funcionalidades e fundamentos teóricos. A *InteliEduca* visa democratizar o acesso ao conhecimento produzido, favorecer a compreensão de suas contribuições e apoiar a aplicação prática do modelo em ambientes educacionais reais.

Essa estrutura permite compreender como a IA tem sido investigada e aplicada em contextos educacionais diversos, considerando tanto sua fundamentação teórica quanto sua implementação e avaliação. Ao adotar o formato multipaper, a tese busca integrar os três estudos em uma trajetória coerente de investigação, contribuindo para o debate sobre a aplicação de tecnologias inteligentes na educação contemporânea.

1.4 PROBLEMATIZAÇÃO

A incorporação de técnicas de Inteligência Artificial em contextos

educacionais tem sido abordada por diferentes autores, com foco em aplicações como sistemas de recomendação, agentes conversacionais, mecanismos de tutoria automatizada e ferramentas de análise de dados educacionais (ZAWACKI-RICHTER et al., 2019; SHARMA; HARKISHAN, 2022; SANTOS et al., 2021; BELDA-MEDINA; KOKOŠKOVÁ, 2023). Esses recursos têm sido explorados como estratégias de apoio ao acompanhamento do percurso dos estudantes e à adaptação dos conteúdos com base em preferências e interações registradas em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem.

Estudos mais recentes discutem também o uso de IA em práticas como avaliação entre pares, personalização da devolutiva e apoio à autoria de recursos, indicando uma ampliação do escopo de possibilidades investigadas (PINGMUANG et al., 2024; TOPPING et al., 2025). No entanto, parte das publicações analisadas se concentram na apresentação de experiências isoladas ou ferramentas específicas, com ênfase nos aspectos técnicos ou funcionais. Essas propostas são desenvolvidas com base em demandas operacionais e não apresentam articulação com referenciais teóricos do campo educacional (FREITAS et al., 2021; PALOMINO, 2022; SILVA; CRUZ, 2017).

A revisão sistemática realizada nesta investigação confirmou esse cenário, no qual foram identificadas lacunas relacionadas à ausência de modelos conceituais estruturados que integrem fundamentos pedagógicos, componentes funcionais e parâmetros técnicos de maneira articulada. Parte das investigações analisadas apresenta propostas voltadas à eficiência dos sistemas ou à experiência de uso, mas sem explicitação de critérios pedagógicos, objetivos formativos ou papéis definidos para os agentes envolvidos. Também é pouco frequente a descrição de etapas intermediárias entre a concepção do modelo e sua aplicação em contextos educacionais, o que dificulta a análise de sua consistência e de sua adaptabilidade a diferentes finalidades e cenários institucionais.

A escassez de propostas com estrutura conceitual articulada, ancorada em referenciais teóricos e metodológicos, evidencia a necessidade de estudos que integrem a análise do estado do conhecimento, a formulação de modelos e o delineamento de estratégias que possibilitem sua aplicação prática em ambientes educacionais mediados por tecnologias digitais.

Diante desse contexto, esta tese busca responder à seguinte questão: como um modelo conceitual pode estruturar a integração de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem para agregar valor ao processo de ensino e aprendizagem, potencializando a interação entre os seus agentes? A busca por respostas

a essa inquietação orienta o percurso descrito nesta investigação, que compreende três estudos articulados a partir da revisão da literatura, da construção de um modelo conceitual e de sua validação empírica.

1.2 OBJETIVOS

Considerando a problematização apresentada, esta tese estabeleceu os seguintes objetivos:

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem com incorporação de técnicas de Inteligência Artificial, orientado ao suporte de processos de ensino e aprendizagem, considerando as dimensões de personalização, monitoramento, engajamento e análise de desempenho.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar uma revisão sistemática da literatura para identificar o estado da arte sobre a integração de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem, mapeando abordagens, desafios e lacunas.
- Analisar as técnicas de Inteligência Artificial aplicáveis aos AVEAs, identificadas na revisão sistemática e em literatura complementar, considerando seus potenciais de contribuição para os processos de ensino e aprendizagem.
- Propor um modelo conceitual de AVEA que incorpore técnicas de Inteligência Artificial, estruturado a partir das dimensões identificadas *na literatura e na análise técnica, utilizando a abordagem da Design Science Research*.
- Validar o modelo conceitual proposto por meio da análise de especialistas das áreas de educação e tecnologia, avaliando critérios de aderência, clareza, aplicabilidade e consistência, por meio do método Vali-Quali.

1.3 JUSTIFICATIVA

A investigação sobre o uso de Inteligência Artificial em ambientes digitais de aprendizagem tem se expandido em diferentes áreas do conhecimento, em especial nos campos da educação, da ciência da computação e da engenharia de software educacional. Esse crescimento está associado à presença cada vez mais frequente de tecnologias

digitais nos processos de formação, o que demanda o desenvolvimento de abordagens metodológicas e conceituais capazes de orientar a adoção dessas tecnologias de forma coerente com os objetivos educacionais. No contexto das práticas pedagógicas mediadas por tecnologia, os Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem constituem espaços nos quais a aplicação da IA pode ocorrer por meio de recursos como agentes tutores, sistemas de recomendação e ferramentas de acompanhamento automatizado (ZAWACKI-RICHTER et al., 2019; SHARMA; HARKISHAN, 2022; SANTOS et al., 2021).

A ausência de modelos conceituais sistematizados que articulem componentes pedagógicos e técnicos, identificada na revisão sistemática desenvolvida nesta tese, reforça a necessidade de pesquisas que tratem da estruturação de propostas mais integradas. A formulação de modelos baseados em categorias teóricas explícitas, com funções definidas e potencial de aplicação em múltiplos cenários, pode fornecer subsídios para o planejamento, desenvolvimento e avaliação de AVEA mediados por IA. Ao propor um modelo com essas características, esta tese contribui para suprir uma lacuna que limita a apropriação crítica e metodologicamente orientada das tecnologias baseadas em IA no campo educacional.

Além disso, a proposição de um modelo conceitual fundamentado pode favorecer a elaboração de parâmetros para o acompanhamento do processo de aprendizagem, considerando tanto aspectos relacionados à organização dos ambientes quanto à atuação dos sujeitos neles envolvidos. Tal contribuição é pertinente em contextos institucionais que adotam plataformas digitais de ensino e buscam orientações sobre como integrar tecnologias inteligentes aos seus referenciais pedagógicos. A sistematização de elementos funcionais e conceituais em uma estrutura modelar também pode apoiar o trabalho de docentes, desenvolvedores e gestores educacionais, ao oferecer uma base para a tomada de decisão quanto à adoção e adaptação de recursos tecnológicos.

A justificativa da presente tese está, portanto, relacionada à necessidade de oferecer um referencial conceitual estruturado, que permita compreender e orientar a integração da Inteligência Artificial em ambientes digitais de aprendizagem, com base em pressupostos teóricos, metodológicos e técnicos alinhados às finalidades educacionais. Essa abordagem pode contribuir para o fortalecimento de práticas pedagógicas mediadas por tecnologia e para o desenvolvimento de soluções educacionais que respeitem a complexidade dos processos formativos contemporâneos.

1.4 ESTRUTURA DA TESE

Esta tese está estruturada no formato multipaper, conforme previsto na Resolução nº 02/2022 do Programa de Pós-Graduação, sendo composta por três artigos científicos articulados entre si. Cada artigo representa uma etapa metodológica e investigativa, organizada de forma a responder à questão central da pesquisa e cumprir os objetivos definidos.

O primeiro artigo corresponde à etapa de revisão sistemática da literatura. Nessa fase, foi realizado um mapeamento de estudos publicados sobre o uso de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem, com o objetivo de identificar abordagens recorrentes, estratégias de aplicação, desafios metodológicos e lacunas teóricas. A análise foi conduzida com base em protocolos específicos para revisões sistemáticas, considerando critérios de seleção, exclusão e categorização. Os resultados permitiram não apenas uma caracterização do estado do conhecimento, mas também a identificação de quatro dimensões principais associadas à atuação da IA nos AVEA: personalização, monitoramento, engajamento e análise de desempenho.

O segundo artigo trata da proposição do modelo conceitual. Essa etapa teve como base os achados da revisão sistemática, complementados por estudos teóricos e técnicos sobre as funcionalidades e aplicações da Inteligência Artificial em contextos educacionais. O modelo foi elaborado segundo a abordagem metodológica da *Design Science Research*, estruturando-se a partir das quatro dimensões identificadas previamente. Cada dimensão foi detalhada por componentes funcionais e categorias organizadas de modo a orientar a incorporação da IA a práticas educativas mediadas por tecnologias digitais. O modelo conceitual elaborado nesta fase tem como finalidade oferecer uma referência para o planejamento e desenvolvimento de AVEA com integração de recursos baseados em IA.

O terceiro artigo apresenta a etapa de validação do modelo conceitual. Essa fase foi conduzida por meio da escuta de especialistas com experiência nas áreas de educação e tecnologia, utilizando o método Vali-Quali como referência para a coleta e análise dos dados. Os especialistas avaliaram o modelo com base em critérios previamente definidos, incluindo clareza, aderência às necessidades pedagógicas, aplicabilidade em diferentes contextos e consistência interna entre suas dimensões e componentes. As contribuições obtidas foram utilizadas para o refinamento do modelo e para a compreensão de sua adequação à realidade de uso em contextos educacionais.

Além dos artigos, esta tese inclui seções introdutórias e finais que cumprem

a função de integrar os estudos e organizar o percurso investigativo em uma estrutura coesa. A introdução apresenta a contextualização, a problematização, a justificativa, os objetivos, as categorias teóricas e o delineamento metodológico. A conclusão retoma os principais resultados obtidos, discute suas implicações e aponta possibilidades de continuidade da investigação em estudos futuros.

CAPÍTULO 2 – PERCURSO METODOLÓGICO DA PESQUISA

Esta tese foi estruturada no formato multipaper, articulando três artigos científicos a seções de contextualização, categorias teóricas, percurso metodológico, discussão integrada e considerações finais. O conjunto desses elementos busca apresentar um processo investigativo coeso, orientado por uma mesma pergunta de pesquisa e sustentado por fundamentos conceituais e procedimentos metodológicos compatíveis com os objetivos definidos.

A investigação tem natureza aplicada, uma vez que se propõe a desenvolver um modelo conceitual voltado à integração de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. A abordagem adotada é predominantemente qualitativa, com foco na análise descritiva e interpretativa dos dados coletados ao longo das etapas da pesquisa. O percurso foi delineado de forma sequencial e interdependente, de modo a favorecer a construção progressiva do objeto de estudo e sua fundamentação em evidências extraídas da literatura e de validação por especialistas.

O percurso metodológico está organizado em três etapas principais. A primeira consistiu na realização de uma Revisão Sistemática da Literatura, voltada à identificação do estado do conhecimento sobre o tema e à delimitação das dimensões teóricas e funcionais que orientam a formulação do modelo. A segunda etapa concentrou-se no desenvolvimento do modelo conceitual, com base nos resultados da revisão e nos pressupostos da abordagem *Design Science Research*. Por fim, a terceira etapa corresponde à validação do modelo com especialistas das áreas de educação e tecnologia, utilizando o método Vali-Quali como referência para a coleta e análise das contribuições. Cada uma dessas etapas está descrita nas seções a seguir.

A Tabela a seguir resume o percurso metodológico adotado nesta pesquisa, articulando as etapas investigativas, os produtos científicos gerados (em formato de artigos), seus objetivos e resultados principais, bem como o desdobramento final no desenvolvimento da plataforma web *InteliEduca*.

Quadro 1 – Etapas metodológicas, produtos da pesquisa e desdobramentos

| Etapas | Produto Acadêmico | Objetivo Principal | Resultado | Desdobramento na Plataforma <i>InteliEduca</i> |
|--|-----------------------------------|--|---|--|
| 1 - Revisão Sistemática da Literatura | Artigo 1 | Identificar abordagens, desafios e lacunas sobre IA em AVEAs | Definição das quatro dimensões do modelo | Referenciais conceituais e mapa de temas na plataforma |
| 2 - Desenvolvimento do Modelo Conceitual | Artigo 2 | Construir o modelo com base na DSR | Modelo estruturado em 4 dimensões: personalização, engajamento, monitoramento e análise de desempenho | Representação interativa do modelo e seus componentes |
| 3 - Validação com Especialistas | Artigo 3 | Avaliar clareza, aplicabilidade e consistência do modelo | Ajustes e consolidação do modelo validado | Integração de feedbacks e justificativas na interface |
| Desdobramento | Plataforma Web <i>InteliEduca</i> | Tornar o modelo acessível, aplicável e explorável | Representação navegável da tese | Exploração pública e interativa do conhecimento gerado |

A partir da visão geral apresentada, detalham-se a seguir as três etapas metodológicas que compõem o percurso investigativo desta tese. Cada etapa corresponde a um artigo científico que, de forma articulada, contribui para a construção, fundamentação e validação do modelo conceitual proposto. A descrição de cada uma dessas fases inclui os procedimentos adotados, os referenciais metodológicos utilizados e os principais resultados obtidos.

2.1 ETAPA 1 – REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

A primeira etapa da investigação consistiu na realização de uma Revisão Sistemática da Literatura, cujo objetivo foi mapear e analisar criticamente as abordagens, os desafios e as oportunidades concernentes à incorporação de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. Esse procedimento metodológico foi conduzido com base nas diretrizes propostas por Kitchenham (2004) e orientado pelos critérios estabelecidos na declaração PRISMA (Page et al., 2021), referenciais que contribuem para a transparência, reprodutibilidade e consistência metodológica em revisões sistemáticas.

O protocolo desenvolvido para a revisão abrangeu a definição das perguntas de pesquisa que nortearam a busca, o estabelecimento de critérios de inclusão e exclusão dos estudos, a definição das estratégias de busca nas bases de dados selecionadas e os procedimentos para seleção, extração e análise dos dados dos artigos incluídos. A escolha das bases considerou sua relevância e abrangência nos domínios da educação, ciência da informação, tecnologia e computação. As estratégias de busca empregaram combinações de descritores e operadores booleanos, estruturadas para localizar publicações pertinentes à aplicação de técnicas de Inteligência Artificial no contexto dos AVEAs, dentro de um recorte temporal previamente definido.

Os critérios de inclusão privilegiaram estudos publicados em periódicos com avaliação por pares e anais de conferências que abordassem explicitamente a aplicação de técnicas de IA em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. Foram excluídos trabalhos duplicados, publicações sem relação direta com o tema, estudos fora do escopo temporal estabelecido ou que não atendessem aos critérios de qualidade metodológica definidos. O processo de seleção seguiu as etapas recomendadas pelo protocolo PRISMA (identificação, triagem, elegibilidade e inclusão), garantindo a sistematicidade e a rastreabilidade das decisões.

A análise dos dados extraídos dos estudos selecionados concentrou-se na identificação dos tipos de técnicas de IA utilizadas, dos objetivos associados às suas aplicações, dos desafios relatados, das soluções propostas e das lacunas de pesquisa evidenciadas. Os resultados dessa etapa forneceram subsídios conceituais e empíricos para o desenvolvimento do modelo conceitual, orientando a definição das dimensões e dos componentes que o estruturam, conforme descrito na seção seguinte.

2.2 ETAPA 2 – DESENVOLVIMENTO DO MODELO CONCEITUAL

A segunda etapa da pesquisa centrou-se no desenvolvimento do modelo conceitual para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com integração de técnicas de Inteligência Artificial. Essa fase foi conduzida sob a orientação da abordagem metodológica *Design Science Research*, conforme sistematizada por Peffers et al. (2007). A DSR organiza a construção e a avaliação de artefatos destinados à resolução de problemas identificados em domínios específicos, associando conhecimento científico à proposição de soluções aplicáveis.

O desenvolvimento do modelo foi fundamentado nos resultados obtidos na Revisão Sistemática da Literatura, que mapeou lacunas e necessidades presentes na

produção acadêmica sobre o tema, bem como em referenciais teóricos e técnicos complementares relacionados à aplicação de IA em contextos educacionais mediados por tecnologia. O processo seguiu as etapas descritas pela DSR, iniciando pela identificação do problema, passando pela definição dos objetivos da solução e culminando na formulação do artefato conceitual.

A estrutura do modelo foi orientada por quatro dimensões extraídas da análise dos estudos revisados: personalização, engajamento, monitoramento e análise de desempenho. Cada uma dessas dimensões foi desdobrada em componentes funcionais que representam processos, funcionalidades ou estruturas relevantes à integração da IA em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. A organização do modelo buscou evidenciar a articulação entre aspectos pedagógicos, operacionais e tecnológicos envolvidos em sua aplicação.

As decisões relativas à composição do modelo foram analisadas à luz dos dados da revisão sistemática e dos princípios da DSR aplicados ao campo da educação e da tecnologia. O modelo conceitual resultante foi representado graficamente e descrito por meio de elementos conceituais que permitem sua interpretação e possível adaptação a diferentes cenários institucionais. Essa versão foi utilizada como base para a etapa de validação descrita na seção seguinte.

2.3 ETAPA 3 – VALIDAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

A terceira etapa do percurso metodológico correspondeu à validação do modelo conceitual descrito na etapa anterior. O processo foi conduzido com base no método Vali-Quali, que orienta a análise qualitativa de artefatos conceituais por especialistas, com foco em critérios definidos a partir dos objetivos da pesquisa. O objetivo da validação foi verificar a clareza, a consistência interna, a aplicabilidade e a aderência do modelo aos requisitos identificados nas etapas anteriores, com vistas a obter subsídios para seu refinamento.

Participaram da validação especialistas com experiência nas áreas de educação, tecnologias digitais, desenvolvimento de sistemas e Inteligência Artificial. A seleção dos participantes buscou garantir diversidade de formação e atuação, de modo a ampliar a variedade de perspectivas sobre a proposta apresentada. O processo de validação consistiu na apresentação do modelo conceitual e na coleta de percepções por meio de instrumentos estruturados, elaborados com base nos critérios estabelecidos para a avaliação. A devolutiva dos especialistas foi organizada por categorias de análise, de

forma a subsidiar interpretações consistentes sobre os pontos observados.

Os dados obtidos foram analisados segundo procedimentos de análise de conteúdo, com foco na identificação de aspectos considerados claros, elementos passíveis de revisão e sugestões para aprimoramento do modelo. As contribuições resultantes dessa etapa foram utilizadas na reorganização pontual de componentes e na reformulação de trechos descritivos do artefato. A validação permitiu examinar a aderência do modelo aos pressupostos teóricos e funcionais estabelecidos no percurso da pesquisa, encerrando o ciclo de investigação proposto nesta tese.

Como desdobramento das etapas metodológicas descritas, e com base nos resultados consolidados da revisão, modelagem e validação, desenvolveu-se a plataforma web *InteliEduca*. Essa aplicação tem por objetivo materializar o modelo conceitual proposto, tornando suas dimensões e funcionalidades acessíveis por meio de uma interface interativa. A construção da plataforma representa a continuidade prática desta pesquisa, ampliando seu potencial de aplicação em contextos reais e fortalecendo o elo entre produção acadêmica e inovação educacional.

CAPÍTULO 3 – ARTIGO PUBLICADO NA REVISTA HOLOS

Este capítulo apresenta o artigo intitulado "Agentes Inteligentes para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem: uma revisão sistemática", publicado na Revista HOLOS (v. 40, n. 5, e15584, 2024), disponível em: <https://doi.org/10.15628/holos.2024.15584>. O artigo foi resultado da primeira etapa da pesquisa e foi aceito em dezembro de 2024 e publicado em junho de 2025. O estudo oferece uma revisão sistemática sobre o uso de agentes inteligentes em AVEAs, mapeando abordagens, desafios, tendências e lacunas, servindo de base para as etapas seguintes desta tese.

AGENTES INTELIGENTES PARA AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA

RESUMO

A aplicação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem iniciou-se na década de 1990, quando pesquisadores começaram a explorar a possibilidade de incorporar tecnologias de inteligência artificial em softwares educacionais. Neste contexto, este trabalho tem o objetivo de caracterizar o conhecimento

atual sobre a utilização de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. A metodologia baseada em duas abordagens, considerou a formulação de questões norteadoras, seleção de estudos, avaliação, extração e análise de dados que apontaram caminhos para compreender como os agentes inteligentes podem ser utilizados em etapas do processo educacional. Como resultados, destaca-se que o objeto de estudo tem crescido como área de pesquisa nos últimos anos. Entretanto, é importante ressaltar que a aplicação de técnicas de inteligência artificial na educação, impõe desafios, tais como, a integração com sistemas e com as práticas pedagógicas, além das questões éticas e de privacidade de dados.

Palavras-Chave: Agentes inteligentes, Ambientes virtuais, Ensino, Aprendizagem, Inteligência artificial, Práticas Pedagógicas.

1. INTRODUÇÃO

A história dos ambientes virtuais de ensino e aprendizagem é marcada por uma evolução constante, impulsionada pelos avanços tecnológicos e pela necessidade de promover uma educação mais acessível e inovadora. Desde a década de 1960, com o surgimento dos primeiros sistemas computacionais interativos, já se vislumbrava a possibilidade de utilizar a tecnologia para fins educacionais.

Na década de 1980, com o advento dos computadores pessoais e da internet, surgiram os primeiros ambientes virtuais de aprendizagem, como o PLATO (*Programmed Logic for Automatic Teaching Operations*) e o CSILE (*Computer-Supported Intentional Learning Environment*). Com o aprimoramento da internet e a popularização dos computadores pessoais na década de 1990, os ambientes virtuais de ensino e aprendizagem se tornaram mais sofisticados e acessíveis, surgindo os primeiros *Learning Management Systems* (LMS), como o WebCT, Moodle, Canvas LMS e o Blackboard, que ofereciam funcionalidades como gerenciamento de conteúdo, comunicação e avaliação online.

No início do século XXI, esses ambientes passaram a incorporar cada vez mais recursos tecnológicos, como vídeo aulas, jogos educacionais, simulações, realidade virtual e inteligência artificial. Além disso, com o advento das redes sociais, surgiram novas formas de interação entre os agentes das comunidades educacionais, como grupos no Facebook, instagram, slack, discord e fóruns em plataformas de compartilhamento de conteúdo.

Recentemente, com a pandemia de COVID-19 e o aumento da demanda por

educação a distância, as instituições de ensino de todo o mundo aceleraram o processo de digitalização e adotaram novas tecnologias para garantir a continuidade do ensino. Surgiram novas plataformas de ensino à distância, como o Zoom, o Google Classroom e o Microsoft Teams, que permitem a realização de aulas síncronas, compartilhamento de conteúdo e interação em tempo real entre estudantes e professores. Neste contexto, os ambientes virtuais de ensino e aprendizagem passaram por relevante inovação ao começar a incorporar técnicas de inteligência artificial, como agentes inteligentes, que permitem personalizar o processo de ensino e aprendizagem.

Segundo (Santos et al., 2021), os agentes inteligentes se caracterizam como programas capazes de aprender e tomar decisões, por meio de algoritmos de Inteligência Artificial, interagindo com os usuários e fornecendo orientações, respostas a perguntas, feedback e adaptando o conteúdo conforme as necessidades e preferências do usuário. As aplicações de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem incluem tutores inteligentes, personagens virtuais, assistentes virtuais e feedback em tempo real durante a realização de atividades. Como desdobramento, empresas na área de tecnologia e instituições de ensino discutem e impulsionam investimentos em pesquisa e desenvolvimento de agentes inteligentes para ambientes virtuais de aprendizagem, buscando soluções que melhorem a eficiência no processo de ensino e aprendizagem, proporcionando uma experiência mais personalizada para os usuários envolvidos.

No entanto, a falta de estudos que investiguem a incorporação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem pode ser caracterizada como um desafio. Abrindo lacuna de conhecimento que pode estimular a realização de novas pesquisas na área, proporcionando uma base relevante de evidências que possam orientar novos estudos e abrir caminhos para que as organizações possam maximizar o potencial inovador da tecnologia. Diante do exposto, este estudo tem como objetivo caracterizar o conhecimento atual sobre o uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. Para isso, está estruturado em quatro seções: além desta introdução, a seção 2 descreve os Métodos utilizados, a seção 3 descreve os Resultados e discussões e a seção 4 apresenta as considerações finais.

2. MÉTODOS

A construção desta revisão sistemática de literatura fundamentou-se em duas

abordagens. A primeira é a metodologia de Kitchenham (2004), que propõe um processo sistemático para a realização de revisões de literatura, dividido em três etapas: planejamento, condução e relato. Este método garante que todas as fases do processo sejam realizadas de maneira estruturada, minimizando vieses e aumentando a confiabilidade dos resultados.

A segunda são as recomendações PRISMA, reconhecidas internacionalmente como um padrão para a elaboração de revisões sistemáticas e meta-análises que abrange um conjunto de itens que devem ser reportados, assegurando que todos os aspectos importantes da revisão, como estratégia de busca, critérios de inclusão e exclusão, e métodos de síntese de dados, sejam claramente documentados.

Essas duas abordagens foram escolhidas por sua reconhecida aplicação em revisões sistemáticas, garantindo a relevância e a qualidade dos materiais selecionados para a pesquisa. Enquanto a metodologia de Kitchenham fornece uma estrutura detalhada e passo a passo para a condução da revisão, as recomendações PRISMA asseguram a transparência e a integridade do processo, desde a busca inicial de literatura até a apresentação dos resultados.

2.1. PLANEJAMENTO

Com o propósito de apresentar uma visão panorâmica das pesquisas que têm sido realizadas para impulsionar as relações de ensino e aprendizagem através da aplicação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, foram elaboradas as seguintes questões norteadoras:

Q1 - Quais são as bases de dados científicas com mais elevado índice de publicações considerando as categorias da pesquisa?

Q2 - Qual o estrato das produções científicas, considerando os trabalhos correlatos identificados seguindo os critérios de inclusão e exclusão?

Q3 - Existem instituições cujos trabalhos se sobressaem em pesquisas correlatas à aplicabilidade de agentes inteligentes em ambientes virtuais de aprendizagem?

Q4 - Quais são as áreas do conhecimento mais pesquisadas no contexto dos agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Q5 - Quais são os objetivos do uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino

e aprendizagem?

Q6 - Quais são as principais técnicas e tecnologias que vêm sendo utilizadas na implementação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Q7 - Quais são os principais resultados constatados nos estudos considerando o objeto de análise?

Para contribuir com os resultados deste estudo, foram definidos os idiomas de busca, as bases de conhecimento científico, descritores, além dos critérios de exclusão e inclusão para trabalhos correlatos, considerando o período de 2009 e 2023 pela relevância e crescimento de pesquisas que discutem a inovação nas relações de ensino e aprendizagem a partir da incorporação de tecnologias.

2.2. COLETA E ANÁLISE DE DADOS

A fim de subsidiar a escolha dos artigos para a busca de respostas às questões norteadoras, foram realizadas as seguintes etapas:

- a) Identificação de bases de dados através da seleção de trabalhos correlatos publicados entre 2009 e 2023 nas bases de dados científicas indicadas seguir:

Tabela 1 – Bases de dados

| Id | Bases de dados |
|-----------|--|
| 01 | EEE Xplore Digital Library |
| 02 | Scientific Research |
| 03 | ScienceDirect |
| 04 | SpringerLink |
| 06 | Scielo |
| 07 | Portal de Periódicos da CAPES: |
| 08 | Biblioteca Digital da Sociedade Brasileira de Computação |
| 09 | Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP |
| 10 | Google Scholar |

- b) Identificação de artigos em bases de dados científica utilizando descritores na língua portuguesa e inglesa, inclusive booleanos, conforme a seguir:

Tabela 2 – Descritores

| Id | Bases de dados | Booleano |
|-----------|--|-----------------|
| 1 | Agentes inteligentes | Não |
| 2 | Ambientes virtuais de ensino e aprendizagem | Não |
| 3 | Agentes inteligentes e ambientes virtuais de ensino e aprendizagem | Sim |
| 4 | Agentes inteligentes ou ambientes virtuais de ensino e | Sim |

| | | |
|----|----------------------------|-----|
| | aprendizagem | |
| 5 | Intelligent agents | Não |
| 6 | Virtual Environments | Não |
| 7 | Learning management system | Não |
| 8 | Education | Não |
| 9 | Inteligência artificial | Não |
| 10 | Artificial neural network | Não |

c) Os critérios de inclusão levaram em consideração a convergência com o objeto de estudo, buscando identificar e analisar documentos através da seleção de trabalhos correlatos qualificados como:

- A1, A2, A3 e A4: artigos científicos publicados em revistas científicas, especialmente por terem mais audiência, indexadas em bases de dados renomadas;
- B1, B2, B3 e B4: artigos científicos publicados em revistas científicas reconhecidas, resultados relevantes e convergentes com o objeto de estudo;
- C: trabalhos de eventos científicos, como congressos e conferências, com resultados relevantes e convergentes com o objeto de estudo.

2.3. MINERAÇÃO DE TEXTO

Para contribuir com a análise de dados, foi utilizada a técnica de mineração de texto (VIVIAN et al., 2022), que permitiu a extração de informações importantes, tais como palavras-chave, tópicos, conceitos e relações entre termos, através do software Orange, uma ferramenta de análise de dados e mineração de texto de código aberto que pode ser acessada através do endereço eletrônico <https://orangedatamining.com/>. O processo de análise dos dados foi realizado considerando as etapas a seguir:

a) Importação dos arquivos: os arquivos foram importados no formato de texto simples ou em formato de arquivo PDF;

b) Pré-processamento: a etapa de pré-processamento envolveu a remoção de *stopwords* nas línguas portuguesa e inglesa. As stopwords são palavras que aparecem com frequência nos textos, mas que não contêm informações relevantes para a análise;

c) Aplicação de ferramentas de análise: neste estágio, foram aplicadas

ferramentas de análise, como a de frequência de palavras, extração de palavras-chave e a análise de tópicos, que permitiram uma compreensão mais profunda do conteúdo dos textos;

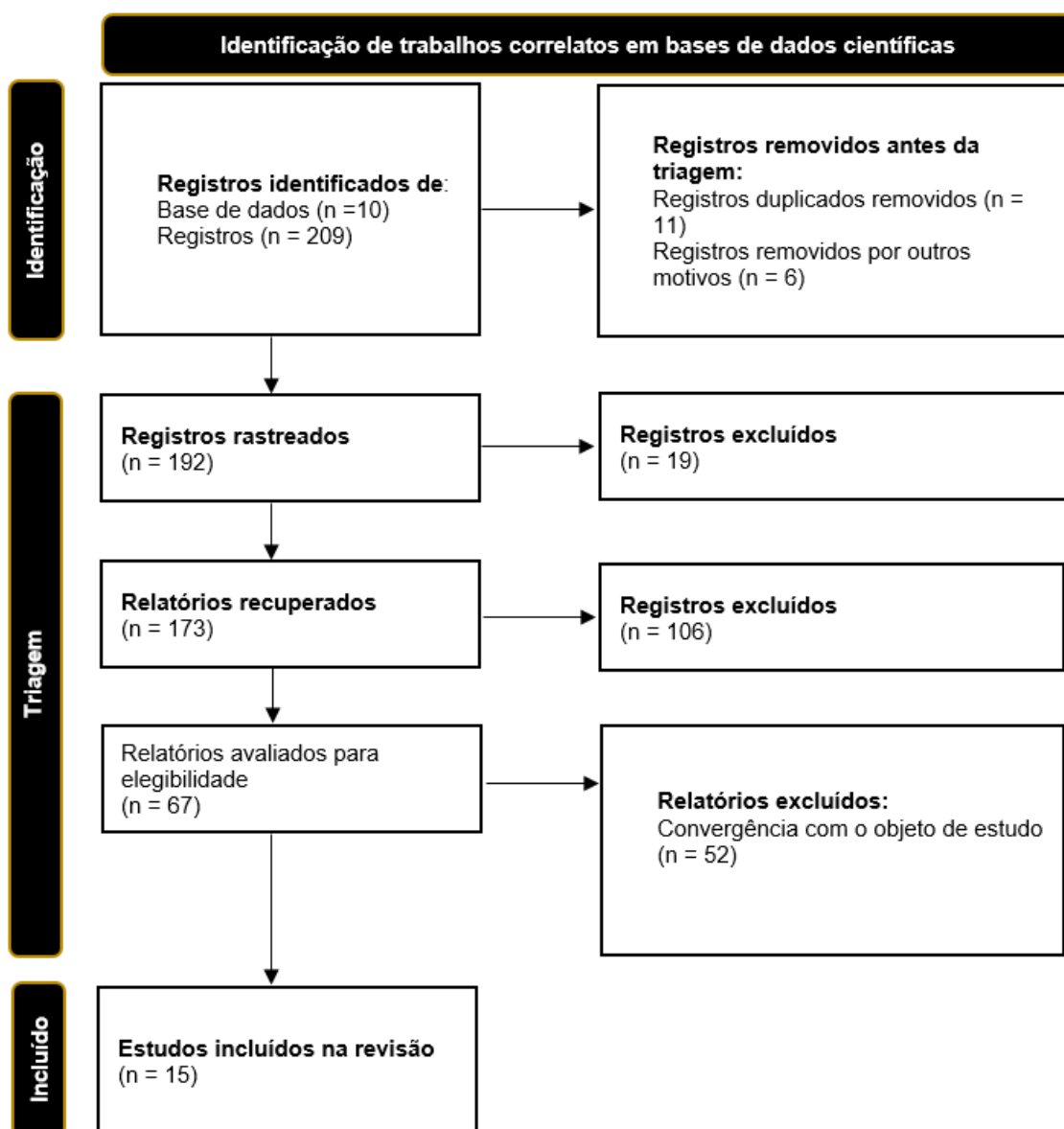
d) Visualização dos resultados: a visualização dos resultados foi realizada por meio de gráficos e tabelas que facilitaram a identificação de padrões e tendências;

e) Interpretação dos resultados: a interpretação dos resultados foi realizada por meio da análise de correlação e clusterização. A análise de correlação permitiu identificar as relações entre as palavras e os tópicos, enquanto a clusterização agrupou os textos com base em sua semelhança temática.

2.4. SÍNTESE DOS RESULTADOS

Para garantir a relevância dos materiais selecionados para a pesquisa, realizou-se a leitura e verificação de uma amostra inicial de 67 resumos de trabalhos correlatos. Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, o número de artigos foi reduzido para 15, que constituem o conjunto final de trabalhos completamente analisados para responder às questões de pesquisa. O diagrama a seguir descreve as etapas do processo:

Figura 1 - Diagrama de fluxo de revisão sistemática, adaptado de PRISMA (Pag. et al., 2021)



Durante a fase de extração e análise de dados, foi aplicada a técnica de análise de frequência de termos, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, uma medida estatística que quantifica a força e a direção de uma relação linear entre duas variáveis, permitindo a análise da relação entre a frequência de ocorrência de termos-chave nos artigos selecionados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos 15 trabalhos, sete publicados em língua inglesa e oito em português, permitiu a obtenção de dados correlatos às questões investigadas nesta revisão sistemática. Ademais, procedimentos de mineração textual foram empregados no corpus decorrente, agregando um total de 29.276 vocábulos. A seguir, a lista completa com todos

os termos, quantidade e idioma:

Tabela 3 – Termos recorrentes

| N. | TERMOS | QTDE | IDIOMA |
|-------------------|---|-------------|---------------|
| 1 | Inteligência Artificial | 3023 | Português |
| 2 | Agentes Inteligentes | 2388 | Português |
| 3 | Artificial Intelligence | 2.286 | Inglês |
| 4 | Ambientes Virtuais De Ensino E Aprendizagem | 2215 | Português |
| 5 | Intelligent Agents | 1.558 | Inglês |
| 6 | Aprendizagem Adaptativa | 1.555 | Português |
| 7 | Learning Management System | 1.466 | Inglês |
| 8 | Tecnologias Educacionais | 1.223 | Inglês |
| 9 | Virtual Learning Environments | 1.189 | Inglês |
| 10 | Metodologias Ativas | 1.120 | Português |
| 11 | Artificial Neural Network | 1.119 | Português |
| 12 | Educação A Distância | 1118 | Português |
| 13 | Aprendizagem Colaborativa | 1.021 | Português |
| 14 | Design Instrucional | 1.002 | Inglês |
| 15 | E-Learning | 1.002 | Inglês |
| 16 | Gamificação | 889 | Inglês |
| 17 | Personalized Learning | 871 | Inglês |
| 18 | Plataformas Educacionais | 789 | Português |
| 19 | Machine Learning Algorithms | 779 | Inglês |
| 20 | Intelligent Tutoring Systems | 745 | Inglês |
| 21 | Mineração | 690 | Português |
| 22 | Educational Data Mining | 676 | Inglês |
| 23 | Gamification | 552 | Inglês |
| Total de Vocábulo | | 29276 | |

A Tabela 4 ilustra o conjunto de dados, que apresenta uma lista dos 23 termos mais frequentes relacionados ao objeto de estudo, considerando termos em português e inglês. Os cinco termos mais comuns são:

1. Inteligência artificial;
2. Agentes inteligentes;
3. Ambientes virtuais de ensino e aprendizagem;
4. Aprendizagem Adaptativa;
5. Tecnologias Educacionais.

O total de termos em português é 19, correspondendo a 63,33% do total, enquanto o total de termos em inglês é 11, correspondendo a 36,67% do total. A seguir uma

Q2 - Qual o estrato das produções científicas, considerando os trabalhos correlatos identificados seguindo os critérios de inclusão e exclusão?

A elaboração desta revisão sistemática considera a avaliação da qualidade das produções científicas relacionadas às categorias da pesquisa. Para realizar essa avaliação, é possível utilizar o estrato dos trabalhos correlatos como indicador de qualidade e impacto das publicações na área de estudo, como descrito a seguir:

Tabela 6 – Estrato dos trabalhos correlatos

| Id | Periódicos | Qualis |
|-----------|---|--|
| 01 | Computers & education | A1 para educação, ciência da computação e interdisciplinar |
| 02 | Revista brasileira de informática na educação | A4 para interdisciplinar/ ciência da computação |
| 03 | Revista educa mais | B3 para educação/ interdisciplinar |
| 04 | Smart learning environments | B1 para ensino e ciência da computação |
| 05 | Ensaio - avaliação e políticas públicas em educação | A1 para educação e interdisciplinar |
| 06 | Revista brasileira de informática na educação | A4 para ciência da computação, educação e interdisciplinar |
| 07 | IEEE Access | A3 para educação, ciência da computação e interdisciplinar |
| 08 | Educação temática digital | A1 para educação e interdisciplinar |
| 09 | Education and Information Technologies | A1 para educação, ciência da computação e interdisciplinar |
| 10 | Revista científica em educação a distância | A2 para educação e interdisciplinar |
| 11 | Creative Education | C para educação, ciência da computação e interdisciplinar |

Essa análise do estrato das produções científicas é importante para avaliar a qualidade e a relevância dos trabalhos selecionados e identificar as principais tendências e lacunas na área de estudo.

Q3 - Existem instituições cujos trabalhos se sobressaem em pesquisas correlatas à aplicabilidade de agentes inteligentes em ambientes virtuais de aprendizagem?

Tabela 7 – Instituições de ensino

| Id | Instituições de Ensino |
|-----------|--|
| 01 | Centro Universitário Senai Cimatec |
| 02 | Universidade do Estado da Bahia (UNEB) |
| 03 | Instituto Federal da Bahia (IFBA) |

| | |
|----|--|
| 04 | Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano (IF Goiano) |
| 05 | Instituto Federal Catarinense (IFSC) |
| 06 | Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre |
| 07 | Universidade Federal de Uberlândia (UFU) |
| 08 | Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) |
| 09 | Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) |
| 10 | Universidade do Vale do Rio dos Sinos |
| 11 | Universidade de São Paulo (USP) |
| 12 | Instituto Federal de Alagoas (IFAL) |
| 13 | Department of Statistics, University of Gujrat – Paquistão |
| 14 | International Black Sea University - Georgia |
| 15 | Universiti Teknologi Malaysia (UTM). |
| 16 | University, Saudi Arabia |
| 17 | University of Leeds, U.K. – Reino Unido |
| 18 | University of the South Pacific Suva – Fiji |

É importante destacar a distribuição geográfica dos trabalhos considerando sua origem e gerando evidências tanto sobre a diversidade quanto a concentração de pesquisas. Dos 15 trabalhos, 10 (67%) foram produzidos por universidades americanas, indicando uma forte presença e influência dessas instituições na área de estudo em questão. As universidades brasileiras também tiveram uma representatividade significativa, com a produção de 4 trabalhos (27%). A universidade de Sydney, na Austrália, figura com um trabalho (6%) publicado na área em questão.

Q4 - Quais são as áreas do conhecimento mais pesquisadas no contexto dos agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Tabela 8 – Área do conhecimento

| Área do conhecimento | Grande área | Quantidade de publicações | % |
|-------------------------------|----------------------------|---------------------------|-------|
| Inteligência Artificial (IA): | Ciências da Computação | 22 | 32,8% |
| Educação | Ciências Humanas | 18 | 26,8% |
| Psicologia cognitiva | Ciências Humanas | 03 | 4,4% |
| Engenharia de software | Ciências da Computação | 14 | 20,9% |
| Pedagogia | Ciências Humanas | 06 | 9% |
| Matemática | Ciências Exatas e da Terra | 04 | 6% |
| Total | | 67 | |

No contexto dos agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, as áreas mais pesquisadas são Ciências da Computação e Ciências Humanas. Considerando os 67 artigos eleitos para chegar aos 15 selecionados, a área do

conhecimento, a de Inteligência Artificial (IA) lidera com 22 publicações (32,8%), seguida pela área de Educação com 18 publicações (26,8%). A Engenharia de Software também teve uma representatividade significativa, com 14 publicações (20,9%). Psicologia Cognitiva e Pedagogia tiveram 3 (4,4%) e 6 (9%) publicações, respectivamente. Os dados indicam que as pesquisas nesse contexto envolvem uma combinação de conhecimentos em tecnologia da informação e ciências humanas, como educação e psicologia.

Q5 - Quais são os objetivos do uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

O uso de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem tem como objetivo aprimorar a experiência educacional de professores e alunos. Esses objetivos incluem a personalização da aprendizagem, permitindo que o sistema adapte o conteúdo, o ritmo e o nível de dificuldade para as necessidades individuais. Os agentes inteligentes também podem ser projetados para ajudar os alunos a melhorar o desempenho acadêmico, fornecendo *feedback* personalizado e orientação durante todo o processo de aprendizagem. Além disso, podem facilitar a interação social em ambientes virtuais de aprendizagem, criando oportunidades para colaboração, discussão e *feedback* entre os alunos. Outra vantagem é a redução da carga cognitiva dos alunos, fornecendo suporte para tarefas como a organização de informações, a revisão de conceitos e a resolução de problemas. Por fim, os agentes inteligentes também podem ser usados para aumentar a motivação dos alunos, fornecendo *feedback* positivo, estímulo e recompensas para o engajamento e o progresso na aprendizagem.

Q6 - Quais são as principais técnicas e tecnologias que vêm sendo utilizadas na implementação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem?

Para que os agentes possam desempenhar suas funções de maneira eficiente e eficaz, é relevante considerar o uso de tecnologias que permitam a sua implementação. Nesse sentido, algumas abordagens têm sido utilizadas para potencializar ambientes virtuais de ensino e aprendizagem que possam promover inovação nas relações de ensino e aprendizagem e proporcionar uma experiência de aprendizagem personalizada e adaptativa. Entre elas, destacam-se os sistemas de recomendação, que sugerem conteúdos

de aprendizagem baseados nas preferências e histórico de navegação do usuário, os modelos de aprendizagem adaptativa, que personalizam o processo de aprendizagem conforme as necessidades individuais dos alunos, e os agentes pedagógicos, que interagem com os alunos e fornecem *feedback* personalizado e orientação durante todo o processo de aprendizagem. Além disso, os agentes de suporte ao aprendizado ajudam os alunos em tarefas específicas e as tecnologias de realidade virtual e aumentada são utilizadas para criar ambientes virtuais imersivos e aumentar a motivação e o engajamento dos alunos. Por fim, a análise de dados educacionais utiliza análise de dados para fornecer insights sobre o desempenho e o comportamento dos alunos, permitindo que os educadores adaptem a experiência de aprendizagem conforme as necessidades individuais.

Q7 - Quais são os principais resultados constatados nos estudos considerando o objeto de análise?

Considerando a análise de quinze trabalhos correlatos, foi possível observar que a utilização de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem se mostraram eficazes em melhorar o desempenho tanto na prática docente, quanto na aprendizagem discente. Segue uma síntese dos resultados:

Tabela 8 – Resultados

| Id | Trabalhos correlatos | Objetivo | Principais resultados |
|-----------|-----------------------------|---|---|
| 01 | Akyuz(2020) | Analisar o impacto de sistemas de tutoria inteligente na aprendizagem personalizada. | Os resultados sugerem que a utilização desses sistemas pode melhorar a motivação e o desempenho dos estudantes, bem como promover a aprendizagem autônoma e a autoeficácia. |
| 02 | Asif. et al. (2017) | Construir uma análise de mineração de dados educacionais para identificar fatores que influenciam o desempenho dos estudantes universitários. | Os resultados indicaram que o nível de participação dos estudantes em atividades acadêmicas e a sua nota média em disciplinas pré-requisito são fatores significativos na previsão do desempenho acadêmico. |
| 03 | Costa e Fernandes (2021) | Propor um modelo de planejamento automatizado baseado em algoritmos genéticos e na Taxonomia de | Os resultados indicaram que o modelo proposto é capaz de gerar sequências de atividades que promovem a aprendizagem e o engajamento dos |

| | | | |
|----|---------------------------|---|--|
| | | Bloom para sequenciar ações pedagógicas em sala de aula. | estudantes. |
| 04 | Freitas et al. (2021) | Propor uma arquitetura baseada em agentes inteligentes para integrar ambientes virtuais de aprendizagem. | Os resultados indicaram que a utilização de agentes inteligentes pode melhorar a interação dos estudantes com o ambiente virtual de aprendizagem e promover a personalização da aprendizagem. |
| 05 | Yağcı(2022) | Analisar o desempenho acadêmico usando algoritmos de aprendizado de máquina. As informações incluíam dados demográficos, notas de provas e frequência às aulas, sendo analisados para a realização das previsões. | Foi evidenciado que algoritmos de aprendizado de máquina podem ser usados para prever o desempenho acadêmico dos alunos com alta precisão. |
| 06 | Palomino(2022) | Apresentar uma abordagem de gamificação para ambientes virtuais de aprendizagem que se concentra na narrativa e na experiência do usuário. | A pesquisa destaca a importância do design de jogos na criação de experiências de aprendizagem atraentes e eficazes. |
| 07 | Parreira et al. (2021) | Analisar as percepções e avaliações de professores sobre o uso de tecnologias de inteligência artificial na educação. | Foram identificados desafios, como a necessidade de treinamento para usar essas tecnologias e a preocupação com a privacidade dos dados dos alunos. |
| 08 | Reis et al. (2018) | Construir uma revisão sistemática sobre sistemas tutores inteligentes que detectam as emoções dos alunos. | A pesquisa destaca a importância de considerar as emoções dos alunos durante a aprendizagem para melhorar o engajamento e a eficácia. |
| 09 | S. Alserhan et al. (2023) | Propor uma ambiente virtual baseada em sistemas de gerenciamento de aprendizagem. | A plataforma inclui recursos como feedback adaptativo e análise de dados para apoiar a aprendizagem personalizada. |
| 10 | Silva e Cruz (2017) | Apresentar um estudo de caso sobre o uso de mineração de dados, mediante a aplicação de redes neurais artificiais na predição de perfis dos discentes. | Os resultados sinalizaram para a identificação do perfil de cada discente, reduzindo assim o tempo gasto pela instituição para detectar possíveis deficiências de ensino, permitindo a adoção de ações proativas de estímulo aos discentes, visando superar os altos índices de evasão e reprovação. |
| 11 | Santos et al. (2021) | Discutir as perspectivas tecnológicas para a integração da Inteligência Artificial e da virtualização em ambientes de ensino e aprendizagem. | Os resultados apontam para desafios e possibilidades relacionados à personalização do ensino, à adaptação de conteúdos e à avaliação automatizada, entre outros temas. |
| 12 | Sharma e | Desenvolver um sistema de | Os resultados mostraram que o |

| | | | |
|----|--------------------------------|---|---|
| | Harkishan (2022) | tutoria inteligente para o ensino de programação de computadores na região do Pacífico, com o objetivo de fornecer feedback personalizado aos alunos e melhorar a eficácia do ensino. | sistema foi bem recebido pelos alunos e teve um impacto positivo no desempenho acadêmico. |
| 13 | Vivian et. Al. (2022) | Construir uma revisão sistemática de literatura sobre mineração de dados educacionais e análise de sentimentos em ambientes virtuais de aprendizagem. | Os autores identificam tendências, lacunas e desafios, destacando a importância de se considerar os aspectos éticos e de privacidade dos dados. |
| 14 | Zawacki-Richter et. Al. (2019) | Construir uma revisão sistemática de literatura sobre o uso da Inteligência Artificial na educação superior, com ênfase nas aplicações voltadas para o ensino e a aprendizagem. | Os autores destacam a necessidade de envolver os educadores no processo de desenvolvimento dessas tecnologias, a fim de garantir que elas atendam às necessidades reais dos alunos e dos professores. |
| 15 | Zem(2017) | Propor uma abordagem de avaliação de qualidade de sistemas educacionais baseados em web semântica. | A autora apresenta um modelo para avaliar a usabilidade, a acessibilidade, a qualidade do conteúdo e outros aspectos relevantes para o sucesso desses sistemas. |

Outro resultado que se desdobra a partir deste estudo, aponta que a maioria dos artigos (86,6%) foi publicada entre 2017 e 2023, totalizando 13 trabalhos. O ano de 2022 teve o maior número de publicações (4 artigos), representando 26,7% do total de publicações analisadas. Dos artigos selecionados, 07 foram publicados em língua inglesa e 08 em português. Os estudos analisados incluem a utilização de sistemas de tutoria inteligente, jogos educacionais adaptativos, ambientes virtuais de aprendizagem com agentes inteligentes, sistemas móveis de aprendizagem e até mesmo a utilização de aprendizado de máquina para predição de carga cognitiva em simuladores. Todos apresentaram resultados relevantes, demonstrando o potencial das tecnologias inteligentes para impulsionar as relações de ensino e aprendizagem.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo apresentou uma revisão sistemática da literatura que investiga a aplicação de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. A

revisão destaca que essa abordagem tem sido uma área de pesquisa em crescimento nos últimos anos, com um número significativo de estudos que exploram seus benefícios e desafios. Após selecionar 15 trabalhos correlatos seguindo o percurso metodológico apresentado e aplicando critérios de inclusão e exclusão, foi possível compreender a relevância do objeto de estudo de forma mais imersiva, identificando as principais técnicas e tecnologias, bem como os objetivos alcançados.

Observou-se que a educação, a psicologia e a computação são as áreas do conhecimento mais pesquisadas no contexto dos agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem. Além disso, foram identificados um número considerável de objetivos alcançados, incluindo a personalização da aprendizagem, a melhoria do desempenho acadêmico, a facilitação da interação social, a redução da carga cognitiva e o aumento da motivação dos alunos.

Também foi possível identificar relevantes aplicações de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, como sistemas de recomendação, modelos de aprendizagem adaptativa, agentes pedagógicos, agentes de suporte ao aprendizado, realidade virtual e aumentada. Essas abordagens estão contribuindo para a evolução das relações de ensino e aprendizagem, fornecendo um ambiente mais personalizado, adaptativo, inovador e interativo.

Embora a revisão destaque as oportunidades oferecidas pela utilização de agentes inteligentes em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem, ela também aponta para os desafios enfrentados na aplicação dessas tecnologias, como a dificuldade em integrá-las com as práticas pedagógicas existentes, a necessidade de treinamento e capacitação de professores e alunos, e a análise sobre questões éticas e de privacidade de dados. Por fim, essa revisão sistemática pode apontar contribuir como objeto de estudo para novas pesquisas, considerando a crescente utilização de técnicas de inteligência artificial aplicadas em educação.

5. AGRADECIMENTO

Os autores gostariam de agradecer o suporte financeiro do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Ingrid Winkler é uma bolsista de desenvolvimento tecnológico do CNPq (Proc. 308783/2020-4).

6. REFERÊNCIAS

- Akyuz, Y. (2020). **Effects of intelligent tutoring systems (ITS) on personalized learning (PL)**. *Creative Education*, 11(6), 953–978. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=101287>. Acesso em: 16 nov. 2024.
- Asif, R., Merceron, A., Ali, S. A., & Haider, N. G. (2017). **Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining**. *Computers and Education*, 113, 177–194. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.007>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131517301124>. Acesso em: 29 nov. 2024.
- COSTA, Newarney Torrezão da; FERNANDES, Márcia Aparecida. **Sequenciamento de Ações Pedagógicas baseadas na Taxonomia de Bloom usando Planejamento Automatizado apoiado por Algoritmo Genético**. *Revista Brasileira de Informática na Educação*, [S.l.], v. 29, p. 485-501, maio 2021. ISSN 2317-6121. Disponível em: <http://ojs.sector3.com.br/index.php/rbie/article/view/v29p485>. Acesso em: 13 nov. 2024.
- Freitas Moro, F., Rockenbach Tarouco, L. M. ., & Maria Vicari, R. (2021). **Proposta de arquitetura baseada em agentes inteligentes integrados em ambientes E-learning**. *Revista Educar Mais*, 5(2), 249–260. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/2163/1695>. Acesso em: 03 fev. 2025.
- M. Yağcı, **Educational data mining: Prediction of students' academic performance using machine learning algorithms**. *Smart Learn. Environ.*, vol. 9, no. 1, pp. 1–19, 2022, doi: 10.1186/s40561-022-00192-z. Disponível em: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-022-00192-z>. Acesso em: 05 jan. 2025.
- Page, M.J.; McKenzie, J.E.; Bossuyt, P.M.; Boutron, I.; Hoffmann, T.C.; Mulrow, C.D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J.M.; Akl, E.A.; Brennan, S.E.; et al. **The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews**. *Syst. Rev.* 2021, 10, n71. Disponível em: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>. Acesso em: 05 jan. 2025.
- Palomino, Paula Toledo (2022). **Gamification of Virtual Learning Environments: A Narrative and User Experience Approach**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática (PPG-CCMC). USP – São Carlos. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-26072022-105616/publico/PaulaToledoPalomino_revisada.pdf. Acesso em: 27 jan. 2025.
- Parreira, A., Lehmann, L., & Oliveira, M.. (2021). **O desafio das tecnologias de inteligência artificial na Educação: percepção e avaliação dos professores**. Ensaio:

Avaliação E Políticas Públicas Em Educação, 29 (Ensaio: aval.pol.públ.Educ., 2021 29(113). <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002803115>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/nM9Rk8swvtDvwWNRKCZtjGn/>. Acesso em: 29 jan. 2025.

REIS, Helena Macedo; MAILLARD, Patricia Augustin Jaques; Isotani, Seiji. **Sistemas Tutores Inteligentes que detectam as emoções do estudante: Um mapeamento sistemático**. Research and Innovation in Brazilian Education. 2ª ed. Palo Alto: Lemann Center, 2018, v. 1, p. 101-104, 2018. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/7184>. Acesso em: 29 out. 2024.

S. Alserhan, T. M. Alqahtani, N. Yahaya, W. M. Al-Rahmi and H. Abuhassna, **"Personal Learning Environments: Modeling Students' Self-Regulation Enhancement Through a Learning Management System Platform,"** in IEEE Access. 2023 vol. 11, pp. 5464-5482, 2023. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=10015756>>. Acesso em: 11 fev. 2025.

Santos, S. E. de F., Jorge, E. M. de F., & Winkler, I. (2021). **Inteligência artificial e virtualização em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem: desafios e perspectivas tecnológicas**. ETD - Educação Temática Digital, 23(1), 2–19. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8656150>. Acesso em: 05 fev. 2025.

SILVA, Ewerton; CRUZ, Jailton. **Mineração de Dados Educacionais: uso de redes neurais artificiais na predição do Perfil Acadêmico do Aluno - IFAL Campus Maragogi**. In: ESCOLA REGIONAL DE COMPUTAÇÃO BAHIA, ALAGOAS E SERGIPE (ERBASE) , 2019, Ilhéus. **Anais [...]**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2019 . p. 556-564. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/erbase/article/view/9018>. Acesso em: 16 dez. 2024.

Sharma, P., Harkishan, M. **Designing an intelligent tutoring system for computer programing in the Pacific**. Educ Inf Technol 27, 6197–6209 (2022). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-021-10882-9>. Acesso em: 02 dez. 2024.

Vivian, R. L., Cazella, S. C., Machado, L. R., & Behar, P. A. (2022). **Mineração de Dados Educacionais e Análise de Sentimentos em Ambientes Virtuais de Aprendizagem: um Mapeamento Sistemático**. EaD Em Foco, 12(2), e1786. Disponível em: <https://labs.cecierj.edu.br/antesinvasao/eademfoco/index.php/Revista/article/view/1786>. Acesso em: 17 jan. 2025.

Zawacki-Richter, O., Marín, V.I., Bond, M. et al. **Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?.** Int J Educ Technol High Educ 16, 39 (2019). <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=101287>. Acesso em: 29 jan. 2025.

Zem Lopes, Aparecida Mara (2017). **Uma abordagem de suporte à avaliação de qualidade de sistemas educacionais baseados em Web Semântica**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática (PPG-CCMC). USP – São Carlos. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-01022018-084626/publico/AparecidaMariaZemLopes_revisada.pdf. Acesso em: 11 dez. 2024. Universidade de São Paulo

Kitchenham, B.: **Procedures for performing systematic reviews** (Keele University Technical Report No. TR/SE-0401; NICTA Technical Report No. 0400011T.1). Keele University, Keele (2004). Disponível em: http://www.elizabete.com.br/rs/Tutrial_IHC_2012_files/Conceitos_RevisaoSistemica_kitchenham_2004.pdf. Acesso em: 11 set. 2024.

CAPÍTULO 4 – ARTIGO SUBTIDO NA REVISTA IEEE TRANSACTIONS ON LEARNING TECHNOLOGIES

Este capítulo apresenta o artigo intitulado “*Conceptual Model for Virtual Learning Environments Enhanced by Artificial Intelligence*”, escrito em inglês, submetido em 24 de maio de 2025 à revista *IEEE Transactions on Learning Technologies* (Qualis A1), fator de impacto 2.9, atualmente em processo de avaliação. O artigo descreve o desenvolvimento do modelo conceitual para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com técnicas de Inteligência Artificial, tendo como base a abordagem *Design Science Research* (DSR), com aplicação prática de serviços da *Amazon Web Services* (AWS). O estudo visa contribuir com a inovação digital no campo educacional por meio de soluções que favoreçam personalização, engajamento e eficácia no processo de ensino e aprendizagem.

MODELO CONCEITUAL PARA AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM COM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

RESUMO

Os Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) têm desempenhado um papel que pode ser qualificado como relevante na educação contemporânea, especialmente quando conectados com tecnologias emergentes. Este artigo tem o objetivo de propor um modelo conceitual para a implementação de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem, para otimizar a personalização, o engajamento e a eficácia do processo de ensino e aprendizagem, visando figurar como uma ferramenta para educadores e pesquisadores em contextos educacionais diversos. A metodologia adotou uma abordagem qualitativa e com objetivo exploratório, estruturada com base na *Design Science Research* (DSR), com uso de serviços da AWS (*Amazon Web Services*). Os resultados indicam que o modelo pode servir como uma referência e contribuir para o processo de inovação das práticas pedagógicas digitais e possibilitando maior interação entre alunos, professores e sistemas

inteligentes.

Palavras-chave: Inteligência Artificial, Ambientes Virtuais, Personalização do Aprendizado, Inovação, Educação Digital.

1. INTRODUÇÃO

A educação contemporânea transita por transformações impulsionadas pelo avanço das tecnologias digitais e pela demanda por métodos de ensino mais flexíveis e inovadores. Nesse contexto, os Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) emergem como ferramentas estratégicas para facilitar a educação em uma sociedade globalizada e conectada. Esses ambientes oferecem a superação de barreiras geográficas e temporais, promovendo o acesso a conteúdos educacionais de forma dinâmica e interativa. A pandemia de COVID-19 acelerou essa tendência, destacando os AVEAs como uma ferramenta para contribuir para a superação de desafios educacionais, além de reforçar a necessidade de aprimorar essas plataformas para atender às exigências crescentes de qualidade nas relações de ensino e aprendizagem. (SANTOS et al., 2021)

Neste cenário, a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial (IA) em AVEAs se apresenta como uma abordagem que pode ser qualificada inovadora, podendo impulsionar a experiência educacional, abrir rotas para a criação de ambientes mais responsivos e adaptativos, oferecer feedback automático, conteúdos personalizados e experiências de aprendizado imersivas. Tecnologias como redes neurais artificiais, agentes inteligentes e algoritmos de aprendizado de máquina e profundo podem ampliar a contribuição para o desenvolvimento de soluções que vão além da automação de tarefas, promovendo um ensino personalizado e adaptativo.

Apesar dos avanços, os AVEAs enfrentam desafios importantes, como a dificuldade em monitorar o progresso dos alunos em tempo real e fornecer feedback adaptativo que os ajude a ajustar suas estratégias de estudo. Em um ambiente educacional diversificado, onde alunos apresentam diferentes estilos de aprendizagem e níveis de conhecimento, a personalização do ensino pode ser um diferencial. Além disso, a baixa interatividade e a falta de elementos que promovam o engajamento permanecem como barreiras frequentes. Estudos apontam que o uso de narrativas e *storytelling* em ambientes gamificados pode aumentar o engajamento, incentivando a continuidade no aprendizado. Neste contexto, a IA pode contribuir para mitigar essas questões ao considerar a implementação de agentes de monitoramento e análise de informações para ajustar a experiência de ensino e aprendizagem. Estudos recentes, como o de Kanont et al. (2024), evidenciam que, embora estudantes do ensino superior demonstrem crescente aceitação

de ferramentas de IA, ainda enfrentam desafios relacionados à percepção de utilidade e adaptação tecnológica.

No entanto, delimitações na implementação e a ausência de modelos integrativos ainda restringem o uso dessas tecnologias (Perreira et al., 2021). A necessidade de superar esses desafios motiva este estudo que tem o objetivo de propor um modelo conceitual para a implementação de técnicas de IA em AVEAs, com o intuito de otimizar a personalização, o engajamento e a eficácia do processo de ensino e aprendizagem, visando figurar como uma ferramenta para educadores e pesquisadores em contextos educacionais diversos. Embora existam estudos que exploram aspectos específicos da aplicação da IA em AVEAs, como a personalização do ensino (Belda-Medina; Kokošková, 2023), a aceitação tecnológica (Kanont et al., 2024) e a automação do feedback (Topping et al., 2025), essas abordagens são focadas em soluções pontuais. Não se identificam, nessas investigações, propostas de modelos conceituais que integrem essas soluções de maneira abrangente e sistemática, o que evidencia uma lacuna científica que este estudo busca reduzir.

A criação do modelo pretende figurar como um referencial prático e replicável para pesquisadores, especialistas e educadores interessados na aplicação de IA em AVEAs. Estudos recentes demonstram que técnicas como mineração de dados, algoritmos de planejamento automatizado e redes neurais podem melhorar o desempenho acadêmico e a experiência de aprendizado, sintetizando o conhecimento teórico existente e oferecendo um percurso adaptável a diferentes contextos educacionais. (Silva et al., 2015). Além disso, Topping et al. (2025) ressaltam que a IA tem sido aplicada com sucesso em processos de avaliação por pares, promovendo feedback automatizado e adaptativo, o que reforça o potencial da tecnologia para aprimorar as práticas pedagógicas digitais.

A segunda fase do estudo adotou a metodologia Design Science Research (DSR), que enfatiza a criação de artefatos, como modelos, métodos e frameworks, para resolver problemas práticos identificados na pesquisa. Nesta etapa, foi desenvolvido um artefato do tipo modelo, concebido para representar de forma abstrata e estruturada os elementos e processos relacionados à integração da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. O modelo conceitual proposto reflete os desdobramentos da pesquisa exploratória e foi elaborado com base em princípios teóricos e metodológicos alinhados à literatura existente, seguindo os princípios descritos por (GREGOR e HEVNER 2013 e DRESCH et al.2015).

Este artigo está organizado em seis seções. Além desta introdução, a Seção 2 aborda os Materiais e Métodos, detalhando as técnicas de Inteligência Artificial e suas aplicações em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. A Seção 3 explora como essas técnicas podem ser aplicadas nos AVEAs. A Seção 4 apresenta o Modelo Conceitual, incluindo diretrizes de implementação. A Seção 5 traz os Resultados e Discussões, analisando as implicações do modelo e suas possibilidades de adaptação. Por fim, a Seção 6 reúne as Considerações Finais, sintetizando as principais contribuições do estudo.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo adota uma abordagem metodológica híbrida, combinando pesquisa exploratória e *Design Science Research* (DSR) para investigar a aplicação da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem e propor um modelo conceitual estruturado. A escolha metodológica justifica-se pela necessidade de conectar o estado da arte para identificar desafios e oportunidades da IA nesses ambientes e, a partir dessa análise, contribuir para a construção do modelo. A recomendação prática do modelo conceitual envolveu a aplicação de serviços de Inteligência Artificial fornecidos pela AWS (*Amazon Web Services*), incorporando recursos de personalização, análise de desempenho e feedback adaptativo.

Os fundamentos teóricos e técnicos que subsidiam este estudo — incluindo a caracterização dos Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs), suas funcionalidades, a trajetória histórica da Inteligência Artificial, bem como as principais técnicas de IA e suas aplicações no contexto educacional — foram realocados como material suplementar anexo a este artigo. Essa decisão visa preservar a fluidez do texto principal, mantendo o foco na proposta metodológica e na construção do modelo conceitual.

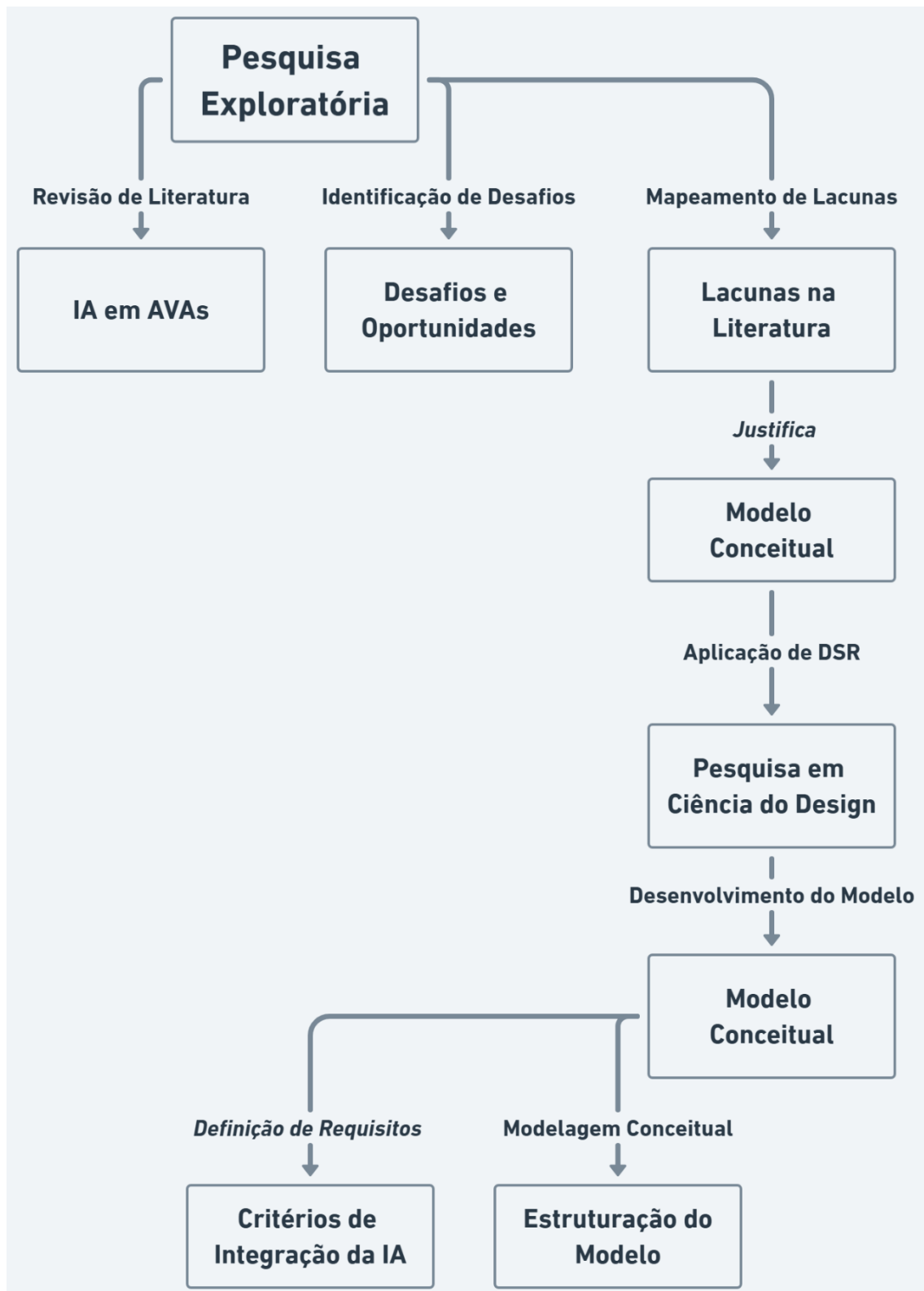
Este estudo dividiu-se em duas fases. A primeira fase teve caráter exploratório, uma estratégia adequada quando há necessidade de maior familiaridade com o problema investigado, permitindo uma melhor delimitação do objeto de estudo e a formulação de hipóteses ou diretrizes conceituais para fases subsequentes da pesquisa (Creswell, 1999; Gil, 2022). Nesse contexto, esta etapa consiste em uma revisão da literatura sobre IA aplicada a AVEA para compreender as abordagens, técnicas e desafios existentes na personalização do ensino, na análise de desempenho dos estudantes e no suporte à aprendizagem mediado por IA. Com base nessa revisão, foram então

identificadas lacunas e oportunidades, destacando a ausência de um modelo estruturado que integre de forma sistemática a IA nos AVEAs. Essa análise exploratória fundamenta a necessidade do modelo conceitual proposto e fornece subsídios para sua construção, garantindo que ele seja baseado em práticas e nas limitações observadas nos estudos correlatos.

A segunda fase do estudo adotou a metodologia Design Science Research (DSR), que enfatiza a criação de artefatos, como modelos, métodos e frameworks, para apoiar na solução de problemas práticos identificados na pesquisa. A abordagem adotada está fundamentada nos princípios descritos por Gregor e Hevner (2013) e Dresch, Lacerda e Antunes Jr. (2015). Nesta etapa, foi desenvolvido um artefato do tipo modelo, concebido para representar de forma abstrata e estruturada os elementos e processos relacionados à integração da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs). O modelo conceitual proposto reflete os desdobramentos da pesquisa exploratória e foi elaborado com base em princípios teóricos e metodológicos alinhados à literatura existente.

A construção do modelo foi conduzida em três etapas interconectadas. Primeiramente, foram definidos os requisitos para um modelo de integração de IA em AVEAs, estabelecendo critérios alinhados aos desafios e oportunidades identificados na literatura, com foco na personalização do ensino, automação do suporte pedagógico e análise de desempenho dos alunos. Na sequência, foi realizada a modelagem conceitual, estruturando os componentes à implementação do modelo e organizando os princípios teóricos e técnicos que fundamentam sua estrutura, permitindo que o modelo fosse concebido de maneira articulada para diferentes contextos educacionais. Por fim, foram realizadas revisões estruturais e verificações conceituais para garantir que o modelo proposto esteja alinhado com as diretrizes metodológicas, teóricas e técnicas com viabilidade para futuras implementações. A Figura 1 sintetiza o percurso metodológico para a construção do modelo conceitual proposto neste estudo.

Figura 1 – Percurso Metodológico



Fonte: Autores

A representação visual reforça a relação entre as etapas exploratórias e a aplicação da DSR na construção do modelo conceitual, ampliando a compreensão das decisões metodológicas e das interconexões entre os diferentes estágios da pesquisa. O detalhamento conceitual e técnico que fundamenta essa construção, como os tipos e

funcionalidades dos AVEAs, a trajetória da Inteligência Artificial e suas principais técnicas, está disponível no Apêndice A, oferecido como material suplementar a este artigo.

Com base nesse percurso, apresenta-se a seguir o modelo conceitual de integração da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem, estruturado em componentes pedagógicos e funcionais voltados à personalização, ao engajamento e à análise do desempenho educacional.

3. MODELO CONCEITUAL DE IA EM AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

A aplicação de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem busca ampliar o processo de inovação nas relações de ensino e aprendizagem ao proporcionar recursos mais dinâmicos, responsivos e personalizados. Este modelo conceitual pretende integrar soluções tecnológicas a objetivos pedagógicos, promovendo maior engajamento, personalização do aprendizado e apoio nos processos de avaliação e monitoramento. Ao conectar recursos de IA com práticas educacionais, espera-se potencializar a experiência de ensino, atendendo às necessidades de diferentes perfis de alunos e contribuindo para o desenvolvimento de competências adaptadas às demandas contemporâneas.

O modelo é estruturado em componentes que orientam a criação de AVEAs adaptáveis, favorecendo interações eficientes entre docentes e discentes. Esses componentes abrangem desde a organização de materiais e atividades até a personalização e análise dos resultados educacionais. Esta estrutura reflete o provável percurso nos AVEAs e pretende contribuir para a inovação das relações de ensino e aprendizagem ao conectar etapas que estão diretamente relacionadas com a prática docente e aprendizagem discente. A Tabela 1 descreve detalhadamente esses componentes.

Tabela 1 – Componentes do modelo

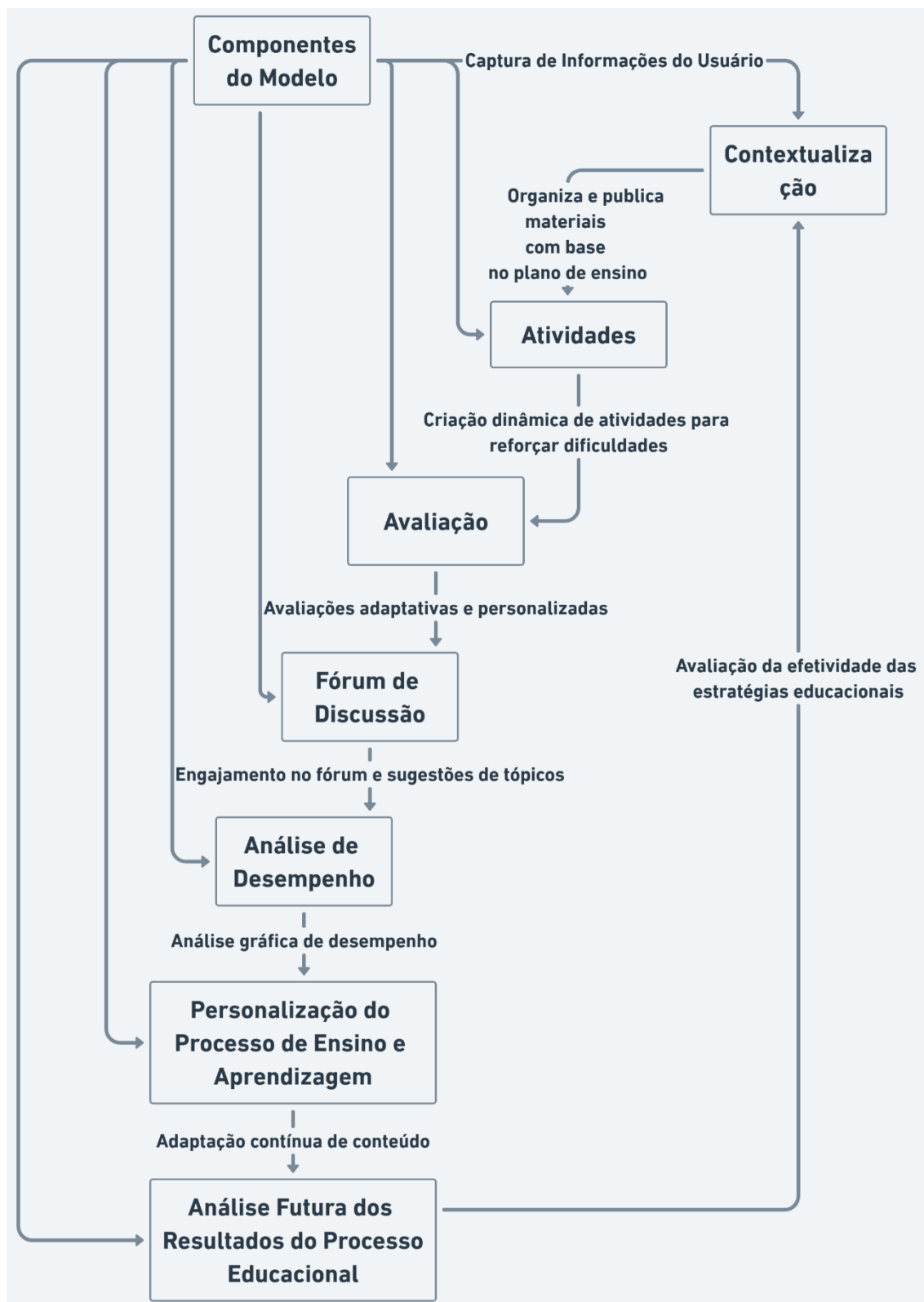
| Componente do Modelo | Descrição |
|-----------------------------|--|
| Contextualização | A IA para organizar e publicar materiais de estudo de forma estruturada, seguindo o plano de ensino e adaptando os conteúdos às necessidades individuais dos alunos. |
| Atividades | Criação de um banco dinâmico de atividades sugerido pelo modelo, com a IA selecionando exercícios para reforçar áreas de dificuldade dos estudantes. |

| | |
|---|---|
| Avaliação | Desenvolvimento de um sistema de avaliação automatizado que utiliza IA para criar avaliações adaptativas ao nível de cada aluno. |
| Fórum de Discussão | Aplicação de IA para dinamizar e enriquecer os fóruns de discussão, promovendo interações significativas e a construção colaborativa de conhecimento. |
| Apuração de Desempenho | Uso de IA para aprimorar a análise de desempenho individual e geral dos alunos, fornecendo representações gráficas e insights detalhados. |
| Personalização do Processo de Ensino e Aprendizagem | IA adaptando conteúdos e atividades em tempo real, baseando-se nas interações e desempenho dos alunos. |
| Análise Futura dos Resultados do Processo Educacional | IA pode ser usada para analisar eficazmente os resultados educativos, avaliando a eficiência das técnicas de ensino e o progresso dos estudantes. |

Fonte: autor (2025).

Para estruturar a conexão entre os componentes do modelo, a Figura 2 apresenta um fluxograma que demonstra a relação pedagógica entre os elementos do processo de ensino e aprendizagem, destacando a dinâmica e engrenagem para apoiar o modelo, destacando a relação entre a disponibilização de conteúdos, a interação dos estudantes e a adaptação contínua.

Figura 2 – Fluxograma Pedagógico e de Personalização no AVEA



Fonte: Autores

O fluxograma demonstra como cada etapa do modelo se conecta para formar um ciclo contínuo de aprendizado e aprimoramento. O processo inicia-se com a contextualização, onde a IA poderá contribuir para conectar os materiais de ensino com

base no plano pedagógico. Em seguida, a possibilidade de geração dinâmica de atividades, permitindo que os estudantes reforcem conteúdos em que apresentam dificuldades. As avaliações adaptativas representam um dos pilares do modelo, desejando garantir que cada aluno receba feedback personalizado e direcionado ao seu desempenho. A dinamização dos fóruns de discussão como possibilidade de ampliar a interação entre estudantes e professores, enriquecendo a aprendizagem colaborativa com sugestões inteligentes de temas e participação ativa da IA no monitoramento das interações.

Os dados gerados ao longo dessas etapas poderão ser utilizados para a apuração do desempenho, proporcionando análises detalhadas que ajudam a ajustar as estratégias educacionais. Esse diagnóstico fundamenta a personalização do ensino, onde os conteúdos poderão ser continuamente ajustados com base no progresso dos alunos. Por fim, a análise futura dos resultados do processo educacional fecha o ciclo, permitindo uma revisão contínua da eficácia das estratégias implementadas. Essa estrutura pode ser qualificada como dinâmica e adaptativa, fortalecendo o uso de IA para impulsionar um ensino responsivo, orientado por dados e centrado na experiência do aluno.

3.1. MODELAGEM A PARTIR DE CASO DE USO

Para compreender a aplicação do modelo, é importante contextualizar o papel dos Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) como suporte a diversas iniciativas educacionais, abrangendo cursos completos, disciplinas isoladas e programas de capacitação. Neste estudo, uma disciplina com carga horária de 30 horas é utilizada para ilustrar o percurso de criação em um AVEA, demonstrando como os componentes essenciais do modelo podem ser aplicados na prática. A estrutura proposta explora a interatividade e oferece suporte a múltiplos estilos e ritmos de aprendizagem.

Para compreender a aplicação do modelo, é relevante contextualizar o papel dos AVEAs como suporte a iniciativas educacionais, abrangendo cursos completos, disciplinas isoladas e programas de treinamentos. Segundo Santos et al., (2021), os AVEAs abrem rotas para novas possibilidades administrativas, gerenciais, didáticas e pedagógicas, viabilizando a criação e modelagem de cursos ou unidades curriculares em diferentes formatos, como presencial, semipresencial e a distância. Neste estudo, uma disciplina com carga horária de 30 horas é utilizada para ilustrar o percurso de criação em um AVEA, demonstrando como os componentes do modelo podem ser aplicados na prática. A Tabela 2 apresenta os principais tópicos da estrutura do curso.

Tabela 2 – Estrutura da Disciplina

| Tópico | Descrição |
|---|--|
| Planejamento da Disciplina | Definir objetivos, competências e cronograma para orientar o planejamento acadêmico. Organizar os recursos didáticos de maneira a facilitar o acesso e promover a autonomia dos alunos. |
| Desenvolvimento do Conteúdo e Metodologia | Aulas focadas em competências específicas, com conteúdos adaptáveis e atividades práticas que estimulem a aplicação do conhecimento e o desenvolvimento das competências. Em cada aula, oferecer objetivos de aprendizagem, materiais e exercícios interativos que proporcionem feedback dinâmico. |
| Acompanhamento e Avaliação do Aprendizado | Implementar ferramentas para rastrear o consumo de recursos e analisar o engajamento dos alunos. Gerar relatórios sobre o progresso individual e coletivo, com foco no desenvolvimento de competências. |
| Engajamento e Estratégias Motivacionais | Adicionar elementos de gamificação, como emblemas, para incentivar a participação ativa e promover uma competição saudável entre os participantes. |

Fonte: autor (2025).

A implementação dessa estrutura de disciplina, comum aos processos de ensino e aprendizagem, evidencia como os componentes do modelo podem ser aplicados de forma conectada, oferecendo um ambiente que favoreça a inovação, a adaptabilidade e o desenvolvimento de competências alinhadas às demandas contemporâneas.

3.2. TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA NUVEM APLICADAS EM AVEAs

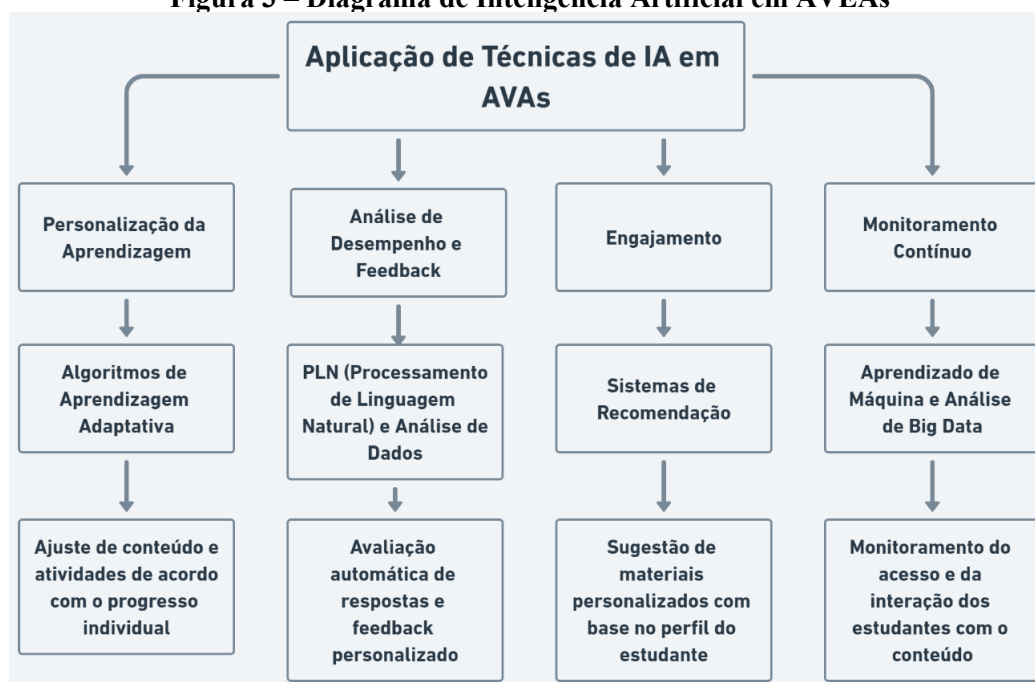
A crescente adoção de serviços de Inteligência Artificial baseados na nuvem tem impulsionado a forma como as organizações desenvolvem e integram soluções inovadoras em diferentes setores, incluindo a educação. Conforme discutido por Mishra (2021), os serviços oferecem ferramentas pré-configuradas e escaláveis para implementar algoritmos de aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural, visão computacional, entre outras técnicas. Ao eliminar a necessidade de construir e manter infraestruturas, os serviços de IA na nuvem democratizam o acesso a tecnologias de ponta, permitindo que instituições educacionais e empresas de todos os portes explorem seu potencial.

Empresas como Google, Microsoft e Amazon Web Services (AWS)

incorporaram ao seu portfólio de serviços com soluções de IA que variam desde APIs de integração simplificada até plataformas completas para o desenvolvimento customizado de modelos. O *Google Cloud Platform*, por exemplo, oferece serviços como a *Natural Language API*, voltada para processamento de linguagem natural, e o *Vision AI*, para visão computacional, além de ferramentas para construção de pipelines de aprendizado de máquina com o Vertex AI. O Microsoft Azure inclui em seu portfólio o Azure AI, que oferece soluções como o Azure Machine Learning e ferramentas para IA conversacional, disponibilizadas pelo *Azure Bot Service*. Por sua vez, a *Amazon Web Services (AWS)* fornece uma ampla gama de serviços voltados à IA, como o Amazon Personalize, para personalização; o *Amazon Comprehend*, especializado em análise de sentimentos; e o Amazon Lex, utilizado para criação de chatbots inteligentes. (GOOGLE, 2025; MICROSOFT, 2025; AMAZON, 2025).

Todas essas plataformas oferecem suporte para integrar técnicas de IA em AVEAs, permitindo personalização da aprendizagem, maior engajamento dos estudantes e análise de desempenho. A escolha da solução a ser utilizada em cada contexto vai depender das necessidades específicas da instituição e da compatibilidade com os sistemas educacionais adotados. No diagrama da figura 3, são apresentados exemplos de técnicas disponíveis nas plataformas de IA na nuvem, suas aplicações e resultados esperados.

Figura 3 – Diagrama de Inteligência Artificial em AVEAs



Fonte: Autores

As etapas de aplicação estão organizadas para destacar como diferentes

técnicas de IA podem ser utilizadas para impulsionar as relações de ensino e aprendizagem nos AVEAs. Nesse contexto, a seguir, cada uma delas será detalhada, explorando as técnicas específicas e os serviços de nuvem para IA empregados para implementar as soluções descritas. Neste estudo, a AWS foi adotada como referência para exemplificação dos serviços de IA na nuvem, sem que isso implique restrição ao uso de outras plataformas com funcionalidades equivalentes.

A primeira etapa, personalização da aprendizagem, se caracteriza pela pretensão de atender às diferentes necessidades e ritmos dos alunos em AVEAs. O Amazon Personalize, serviço de aprendizado adaptativo da AWS, oferece uma solução escalável para ajustar conteúdos e atividades de forma dinâmica com base no progresso e comportamento individual dos estudantes. Nesse contexto, a coleta e preparação dos dados, como histórico de interações dos alunos, desempenho em avaliações e tempo de acesso aos materiais, podem ser realizadas diretamente do AVEA utilizando AWS Glue, que organiza e transforma esses dados em um formato adequado para análise. Com os dados preparados, o Amazon Personalize pode ser configurado para treinar um modelo de recomendação personalizado utilizando algoritmos de aprendizado de máquina para identificar padrões nas interações dos alunos, como áreas de dificuldade ou preferências por formatos específicos de conteúdo. Após o treinamento, o modelo é integrado ao AVEA por meio da API do Amazon Personalize, permitindo que sugestões de conteúdos e atividades sejam geradas automaticamente, incluindo vídeos, atividades ou materiais complementares, dependendo do perfil de aprendizado de cada aluno. Além disso, com o AWS CloudWatch, é possível monitorar a eficácia do sistema de personalização, avaliando métricas como taxa de engajamento com os conteúdos recomendados e progresso acadêmico dos alunos. Essas informações são utilizadas para ajustar continuamente o modelo, garantindo que ele permaneça relevante e eficaz (MISHRA, 2021).

A segunda, análise de desempenho e feedback, se qualifica como a etapa para apoiar no aprendizado contínuo e personalizado. Utilizando o Amazon Comprehend, serviço de processamento de linguagem natural (PLN) da AWS, é possível implementar um sistema automatizado que avalia respostas textuais e fornece feedback direcionado e imediato. As respostas dos alunos em fóruns, atividades ou avaliações textuais podem ser coletadas automaticamente do AVEA por meio de suas APIs de integração. Em seguida, o Amazon Comprehend analisa os textos coletados, identificando aspectos como tópicos principais e estrutura textual, podendo ser configurado para avaliar a coerência, o uso de

palavras-chave relevantes e a adequação ao tema da atividade.

Com base na análise, o sistema cria feedbacks específicos e personalizados, destacando pontos fortes, sugerindo melhorias e direcionando para materiais complementares. O feedback gerado é integrado ao ambiente virtual, onde o aluno pode visualizá-lo de forma interativa. Por exemplo, ao submeter uma resposta, o aluno pode receber automaticamente uma análise de seus argumentos e sugestões de revisão. A eficácia do feedback pode ser monitorada utilizando AWS CloudWatch, permitindo ajustes no sistema de análise conforme o comportamento dos alunos e o feedback dos professores. Essa abordagem assegura que o sistema permaneça alinhado às necessidades educacionais e contribua efetivamente para o processo de ensino e aprendizagem.

Já o engajamento pode ser ampliado em AVEAs com o uso de sistemas de recomendação, como o Amazon Personalize. Essa abordagem conecta os alunos a conteúdos e atividades alinhados aos seus interesses e padrões de interação, promovendo maior interação com os recursos disponíveis. Na terceira etapa, os modelos treinados com este serviço são utilizados para gerar recomendações personalizadas baseadas no progresso e nas preferências identificadas previamente, como materiais de estudo preferidos ou áreas de interesse. Por exemplo, um aluno que tenha demonstrado interesse em tópicos relacionados a redes neurais pode receber sugestões de conteúdos mais avançados sobre aprendizado profundo.

Na sequência, as recomendações são integradas à interface do AVEA, permitindo acesso aos conteúdos sugeridos e facilitando a interação dos alunos com os recursos educacionais, abrindo caminhos para um uso contínuo e direcionado. O desempenho do sistema de recomendação pode ser monitorado por meio do AWS CloudWatch, com análise de métricas como taxas de cliques e tempo de interação com os materiais recomendados. Ajustes podem ser realizados periodicamente nos modelos para manter a precisão e a relevância das recomendações, considerando os padrões de comportamento dos alunos no percurso.

Por fim, o monitoramento contínuo do comportamento em AVEAs pode oferecer informações relevantes para compreender padrões de engajamento e otimizar a experiência de aprendizado. Utilizando serviços como o AWS CloudWatch e o Amazon SageMaker, é possível implementar soluções que integram coleta de métricas, análise de dados e intervenções educativas. Nesta última etapa, os dados sobre interações, como frequência de acesso, tempo dedicado a atividades e consumo de materiais, são coletados em tempo real por meio do AWS CloudWatch, depois são armazenados e organizados

para análises futuras, garantindo uma base de informações estruturadas.

A preparação dos dados coletados pode ser realizada com o AWS Glue, que transforma as informações em um formato adequado para análises de aprendizado de máquina. Em seguida, o Amazon SageMaker utiliza algoritmos para identificar padrões de comportamento. Por exemplo, técnicas de clustering podem agrupar alunos com base em seus níveis de engajamento, enquanto modelos preditivos podem antecipar possíveis riscos de evasão.

Os resultados das análises são apresentados por meio de relatórios e dashboards interativos gerados pelo Amazon QuickSight, que fornecem indicadores detalhados, como taxas de conclusão de atividades, porcentagem de materiais acessados e comparações de desempenho entre grupos. Essas informações permitem que educadores acompanhem o progresso dos alunos e tomem decisões embasadas nos dados coletados. Além dos insights gerados, o ambiente virtual de ensino e aprendizagem (AVEA) possibilita a realização de intervenções automatizadas, incluindo o envio de notificações e sugestões personalizadas, como lembretes ou links para conteúdos interativos. Dessa forma, são promovidas ações direcionadas que contribuem para o aumento do engajamento e a melhoria do desempenho individual dos estudantes.⁴

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados obtidos com a formulação do modelo conceitual para a integração de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs), destacando sua estrutura, lógica de funcionamento e potencial de aplicação em diferentes contextos educacionais. O modelo foi desenvolvido com base em uma revisão sistemática da literatura e fundamentado em princípios metodológicos da Design Science Research, com o objetivo de responder a desafios recorrentes relacionados à personalização da aprendizagem, ao engajamento dos estudantes e à análise contínua do desempenho acadêmico.

Os resultados estão organizados em duas frentes complementares. Inicialmente, apresenta-se o modelo como um todo, por meio de um fluxograma que sintetiza o ciclo de funcionamento baseado em dados, desde a coleta de informações sobre as interações dos estudantes até o uso de técnicas de IA para gerar análises, recomendações e ajustes pedagógicos. Em seguida, a seção discute os componentes individuais do modelo, explorando suas funções específicas e as contribuições que oferecem para a inovação das práticas de ensino mediadas por tecnologia.

Para apoiar essa visualização integrada, a Apêndice B apresenta o fluxograma do modelo conceitual, evidenciando a relação entre captura de dados, processamento informacional e mecanismos de personalização que orientam ajustes adaptativos no processo de aprendizagem.

A construção do modelo partiu da premissa de que a aplicação de técnicas de inteligência artificial pode contribuir para atender às crescentes demandas de personalização e inovação nos Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. Durante o processo de elaboração, foram considerados quatro pilares: personalização, análise de desempenho e feedback, além de engajamento e monitoramento contínuo. A personalização da aprendizagem foi planejada para fornecer conteúdos ajustados às necessidades específicas de cada estudante, utilizando algoritmos adaptativos e sistemas de recomendação, buscando não apenas ampliar a eficácia do processo de ensino, mas também ampliar a garantia para uma experiência educacional inovadora, alinhada às preferências e dificuldades dos alunos. Estudos recentes destacam que métodos de aprendizado de máquina podem ser utilizados para prever o desempenho acadêmico e adaptar conteúdos às necessidades individuais dos estudantes, promovendo uma abordagem de ensino mais personalizada e responsiva (YAĞCI, 2022).

Já o pilar de análise de desempenho e feedback foi integrado como um componente para que os estudantes recebam orientações durante a sua jornada educacional. Por meio da coleta e interpretação contínua de dados, o modelo possibilita a identificação de áreas de dificuldade e o fornecimento de feedback personalizado, podendo contribuir para o aprimoramento constante do aprendizado. Nesse sentido, estudos demonstram que sistemas tutores inteligentes podem interpretar padrões de comportamento dos estudantes e ajustar o ensino de acordo com suas necessidades, tornando o processo de aprendizagem mais eficiente (REIS et al., 2018).

Além disso, o modelo apresenta a relevância do engajamento no ambiente virtual, elementos como gamificação e storytelling foram considerados para orientar a criação de interações mais dinâmicas e atrativas, contribuindo para estimular estudantes a participarem de suas jornadas de aprendizado, apoiado por dados teóricos que destacam sua capacidade de aumentar a motivação e a retenção de conhecimento. Estratégias gamificadas têm se mostrado eficazes para tornar o aprendizado mais interativo, possibilitando maior engajamento dos alunos por meio de desafios e recompensas adaptativas (PALOMINO, 2022).

Por fim, o monitoramento contínuo está integrado como um mecanismo para

a avaliação recorrente das interações e do desempenho, recomendando técnicas de análise de dados e aprendizado de máquina, espera-se que educadores e sistemas possam identificar padrões de comportamento e intervenções, possibilitando ajustes em tempo real ou programado. Recentemente, estudos têm demonstrado que a análise de sentimentos pode ser utilizada em ambientes virtuais de aprendizagem para avaliar o engajamento dos estudantes e antecipar dificuldades, permitindo ajustes personalizados no percurso educacional (VIVIAN et al., 2022).

Durante a concepção do modelo, foram analisados os desafios enfrentados atualmente nos AVEAs, como a falta de interação, dificuldades no acompanhamento do progresso dos estudantes e a limitada capacidade de ajustar conteúdos em tempo real. O modelo pretende contribuir para respostas a esses desafios ao abrir rotas para um ciclo de análise e adaptação, no qual os dados gerados pelas interações dos estudantes podem tracionar processos que podem ser qualificados como automatizados e inteligentes. Neste contexto, a aplicação de sistemas de recomendação e ferramentas analíticas podem permitir ajustes contínuos do percurso educacional, enquanto os elementos de engajamento podem, também, contribuir para fortalecer o vínculo entre os alunos e os conteúdos propostos, sugerindo avanços teóricos que, quando implementados, podem impulsionar o processo de inovação nos AVEAs em espaços mais responsivos e inclusivos.

Por fim, ao propor um framework replicável, o modelo pode servir como um ponto de partida para futuras pesquisas, conexão com estudos em andamento e implementações práticas. Contudo, para que aconteça, é importante considerar as limitações e desafios identificados ao longo deste estudo, além de outros estudos correlatos, considerando fatores que, não apenas ajudam a compreender melhor os pontos que precisam de maior atenção, mas também apontam caminhos para refinamentos futuros. Um dos desafios está relacionado à integração das tecnologias de inteligência artificial em diferentes contextos educacionais com o uso de AVEAs, considerando a diversidade de infraestruturas e perfis institucionais, pode exigir não apenas o acesso a recursos tecnológicos, mas também o treinamento de educadores para utilizá-los de forma estratégica. Assim, a implementação do modelo dependerá tanto, da execução das etapas propostas e, pode ter como desdobramento a necessidade de suporte técnico e da mudança cultural nas práticas pedagógicas.

Segundo Parreira et al. (2021), a adoção de inteligência artificial na educação exige estratégias que garantam a segurança dos dados e a transparência nos processos de

tomada de decisão, sendo essencial considerar as implicações éticas do uso dessas tecnologias. A utilização de algoritmos em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem deve ser acompanhada por regulamentações que assegurem a equidade no acesso ao conhecimento e evitem vieses algorítmicos que possam comprometer a imparcialidade no processo educacional. Dessa forma, a implementação de IA na educação não deve se limitar ao aprimoramento da experiência do usuário, mas também contemplar diretrizes que protejam a integridade dos dados e respeitem os princípios éticos.

Além disso, a análise contínua de dados educacionais poderá levantar questões éticas e legais que podem ser discutidas, como a privacidade dos dados e o uso responsável das informações coletadas. Nesse sentido, a implementação de padrões de governança de dados é discutível para que a IA seja aplicada de maneira responsável e alinhada às necessidades pedagógicas e institucionais.

Diante desse cenário, o modelo conceitual proposto se posiciona como uma solução estratégica para a inovação educacional, incorporando tecnologias emergentes de forma estruturada e responsável. Sua abordagem considera não apenas a viabilidade técnica da implementação da IA, mas também sua aplicabilidade em diferentes contextos educacionais, permitindo que instituições adotem práticas inovadoras e orientadas por dados que caminham lado a lado com princípios éticos e pedagógicos que sustentam a qualidade do ensino.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi propor um modelo conceitual para a implementação de técnicas de IA em AVEAs, com o intuito de otimizar a personalização, o engajamento e a eficácia do processo de ensino e aprendizagem, visando figurar como uma ferramenta para educadores e pesquisadores em contextos educacionais diversos.

Estruturado em quatro pilares educacionais, o modelo, fundamentado com o uso de ferramentas da AWS, pretende contribuir como um referencial para o desenvolvimento de soluções que conectem e provoquem inovação tecnológica e novas práticas pedagógicas, contribuindo para impulsionar as interações em AVEAs. Neste contexto, o estudo apresenta uma abordagem integrada que busca provocar reflexões e inspirar novas aplicações, alinhando-se às tendências crescentes de uso de IA na educação.

Ao propor um modelo conceitual que integra tecnologias emergentes para

refletir em práticas pedagógicas, este estudo pode abrir possibilidades para sua aplicação em diferentes contextos educacionais e níveis de ensino, servindo como um referencial flexível que pode ser adaptado às especificidades de instituições de ensino, programas de formação corporativa e ambientes híbridos, explorando a integração da inteligência artificial como suporte estratégico para a personalização e automação de processos educacionais. Além disso, o impacto esperado do modelo pretende se alinhar às tendências globais de uso de IA na educação. Ferramentas e técnicas discutidas neste estudo podem servir como base para iniciativas que pretendem ampliar o engajamento dos estudantes, otimizar o desempenho acadêmico e transformar dados educacionais em intervenções personalizadas. Essa aplicabilidade pode refletir e ampliar a discussão sobre o potencial da IA em promover abordagens mais dinâmicas e orientadas por dados.

Embora o modelo proposto apresente características que podem ser qualificadas como potenciais para contribuir para avanços tecnológicos nos AVEAs, algumas delimitações do escopo precisam ser consideradas. A validação do modelo é uma etapa a ser desenvolvida, considerando a necessidade de testar sua aplicabilidade em diferentes cenários educacionais e níveis de ensino. Além disso, desafios relacionados à integração com plataformas já utilizadas pelas instituições podem ser explorados, principalmente no que diz respeito à interoperabilidade e ao alinhamento com práticas pedagógicas. Outra limitação envolve a dependência de ferramentas específicas exemplificadas no estudo, como as soluções da AWS. Embora essa escolha tenha sido feita para fins de exemplificação, a implementação de qualquer plataforma de IA na nuvem pode enfrentar desafios, como custos, infraestrutura técnica e necessidade de capacitação dos usuários. Esses pontos podem provocar abordagens complementares que podem ampliar o alcance e discussões do modelo, considerando a adaptação das suas etapas às realidades de diferentes contextos.

As delimitações identificadas no modelo conceitual abrem espaço para futuras pesquisas que possam ampliar as contribuições deste estudo. Trabalhos correlatos podem se desdobrar para avaliar a eficácia do modelo em diferentes contextos educacionais, considerando variáveis como engajamento, desempenho acadêmico e aceitação pelos usuários. Além disso, investigações que explorem sua integração com outras plataformas e tecnologias emergentes podem ajudar a superar barreiras operacionais, ampliando sua aplicabilidade. Outra direção pode envolver o desenvolvimento de estratégias para reduzir custos e simplificar a implementação de ferramentas de inteligência artificial em instituições com infraestrutura limitada.

Iniciativas colaborativas entre educadores, desenvolvedores e pesquisadores podem contribuir para criar soluções mais acessíveis e escaláveis.

Por fim, o modelo também pode ser adaptado para contextos não educacionais, como treinamentos corporativos e programas de capacitação, podendo explorar novas possibilidades de personalização e automação. Essas direções não apenas podem expandir o alcance do modelo, mas também reforçar e ampliar discussões sobre a sua relevância em um cenário global de crescente utilização da IA em diferentes áreas da educação e além dela.

6. REFERÊNCIAS

AKYUZ, Y. **Effects of intelligent tutoring systems (ITS) on personalized learning (PL)**. *Creative Education*, v. 11, n. 6, p. 953–978, 2020. Disponível em: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=101287>. Acesso em: 16 nov. 2024.

AMAZON. **Amazon Web Services – documentação oficial**. Amazon, 2025. Disponível em: <https://aws.amazon.com/machine-learning/>. Acesso em: 19 jan. 2025.

ASIF, R.; MERCERON, A.; ALI, S. A.; HAIDER, N. G. **Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining**. *Computers & Education*, v. 113, p. 177–194, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.007>. Acesso em: 29 nov. 2024.

BARTELLE, L. B.; MEDEIROS, L. F. **Os Assistentes Virtuais nos Ambientes Virtuais de Aprendizagem: uma Revisão Sistemática de Literatura**. *EaD em Foco*, v. 14, n. 1, e2128, 2024. <https://doi.org/10.18264/eadf.v14i1.2128>. Acesso em: 29 mar. 2022.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA): supercomputador e investimento de R\$ 23 bilhões em quatro anos. 2024**. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2024/07/plano-brasileiro-de-ia-tera-supercomputador-e-investimento-de-r-23-bilhoes-em-quatro-anos>. Acesso em: 15 jan. 2025.

BELDA-MEDINA, J.; KOKOŠKOVÁ, V. **Integrating chatbots in education: insights from the Chatbot-Human Interaction Satisfaction Model (CHISM)**. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 20, n. 62, 2023. DOI: 10.1186/s41239-023-00432-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s41239-023-00432-3>. Acesso em: 15 jan. 2025.

CONSORTIUM, Online Learning. **Tendências e Desafios Atuais em Design Instrucional e Tecnologia de Aprendizagem**. Disponível em: <https://onlinelearningconsortium.org/research/voices-from-the-field/>. Acesso em: 19 de Dezembro de 2024.

DRESCH, A.; LACERDA, D. P.; ANTUNES JÚNIOR, J. A. V. **Design Science**

Research: A Method for Science and Technology Advancement. Cham: Springer, 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262350911_Positioning_and_Presenting_Design_Science_Research_for_Maximum_Impact. Acesso em: 19 de mai. de 2024.

ERL, Thomas; PUTTINI, Ricardo; MAHMOOD, Zaigham. **Cloud computing: concepts, technology & architecture.** Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2013.

FREITAS MORO, F.; TAROUÇO, L. M. R.; VICARI, R. M. **Proposta de arquitetura baseada em agentes inteligentes integrados em ambientes e-learning.** *Revista Educar Mais*, v. 5, n. 2, p. 249–260, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/2163/1695>. Acesso em: 03 fev. 2025.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 7. ed. São Paulo: Atlas, 2022.

GOOGLE. **Google Cloud Platform – documentação oficial.** Google, 2025. Disponível em: <https://cloud.google.com/docs/get-started/aws-azure-gcp-service-comparison?hl=pt-br>. Acesso em: 19 jan. 2025.

GREGOR, S.; HEVNER, A. R. **Positioning and presenting design science research for maximum impact.** *MIS Quarterly*, v. 37, n. 2, p. 337–355, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262350911_Positioning_and_Presenting_Design_Science_Research_for_Maximum_Impact. Acesso em: 25 mai. 2025.

KANONT, K.; PINGMUANG, P.; SIMASATHIEN, T.; WISNUWONG, S.; WIWATSIRIPONG, B.; POONPIROME, K.; SONGKRAM, N.; KHLAISANG, J. **Generative-AI, a Learning Assistant? Factors Influencing Higher-Ed Students' Technology Acceptance.** *The Electronic Journal of e-Learning*, v. 22, n. 6, p. 18–33, 2024. DOI: 10.34190/ejel.22.6.3196. Acesso em: 20 jan. 2025.

MICROSOFT. **Azure AI Services – documentação oficial.** Microsoft, 2025. Disponível em: <https://learn.microsoft.com/pt-br/azure/ai-services/what-are-ai-services>. Acesso em: 19 jan. 2025.

MISHRA, Abhishek. **Machine learning in the AWS cloud: hands-on guide to implementing smart applications.** Birmingham: Packt Publishing, 2021.

MORAN, José. Manuel. **Propostas de mudança nos cursos presenciais com a educação on-line,** Rev. ABENO, 2004.

Parreira, A., Lehmann, L., & Oliveira, M.. (2021). **O desafio das tecnologias de inteligência artificial na Educação: percepção e avaliação dos professores. Ensaio: Avaliação E Políticas Públicas Em Educação**, 29 (Ensaio: aval.pol.públ.Educ., 2021 29(113). <https://doi.org/10.1590/S0104-40362020002803115>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ensaio/a/nM9Rk8swvtDvwWNrKCZtjGn/>. Acesso em: 29 jan. 2024.

PALOMINO, Paula Toledo. **Gamification of virtual learning environments: a**

narrative and user experience approach. 2022. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática, USP – São Carlos. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-26072022-105616/publico/PaulaToledoPalomino_revisada.pdf. Acesso em: 27 jan. 2025.

RECUERO, Raquel da Cunha. **Comunidades Virtuais – uma abordagem teórica.** In: Seminário Internacional de Comunicação, 5., 2001, Porto Alegre. Anais. Porto Alegre: PUCRS, 2001. Disponível em: <https://arquivo.bocc.ubi.pt/pag/recuero-raquel-comunidades-virtuais.pdf>. Acesso em: 10 out. 2024.

REIS, R. F.; OLIVEIRA, D.; MELO, F. **Intelligent tutoring systems for adaptive learning: a systematic literature review.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2018. Anais [...]. p. 1070–1079.

RUSSELL, Stuart J.; NORVIG, Peter. **Inteligência artificial: uma abordagem moderna.** Tradução de Michel Sanches Trindade. 3. ed. São Paulo: Pearson, 2025.

SANTOS, S. E. de F.; JORGE, E. M. de F.; WINKLER, I. **Inteligência artificial e virtualização em ambientes virtuais de ensino e aprendizagem: desafios e perspectivas tecnológicas.** *ETD - Educação Temática Digital*, v. 23, n. 1, p. 2–19, 2021. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/etd/article/view/8656150>. Acesso em: 05 fev. 2025.

Santos, S. E. de F., Winkler, I., Araújo, M. L. V. ., Jorge, E. M. de F. ., Filho, A. S. N. ., & Saba, H. . (2025). AGENTES INTELIGENTES PARA AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA. *HOLOS*, 5(40). <https://doi.org/10.15628/holos.2024.15584>. Acesso em: 08 jun. 2025.

SILVA, Robson Santos. **Ambientes Virtuais e Multiplataformas Online na EAD.** São Paulo: Novatec, 2015.

TOPPING, K. J.; GEHRINGER, E.; KHOSRAVI, H.; GUDIPATI, S.; JADHAV, K.; SUSARLA, S. **Enhancing peer assessment with artificial intelligence.** *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, v. 22, n. 3, 2025. DOI: 10.1186/s41239-024-00501-1.

VIVIAN, R. L.; CAZELLA, S. C.; MACHADO, L. R.; BEHAR, P. A. **Mineração de dados educacionais e análise de sentimentos em ambientes virtuais de aprendizagem: um mapeamento sistemático.** *EaD em Foco*, v. 12, n. 2, e1786, 2022. Disponível em: <https://eademfoco.cecierj.edu.br/index.php/Revista/article/view/1786>. Acesso em: 17 jan. 2025.

YAĞCI. Educational data mining: **prediction of students' academic performance using machine learning algorithms.** *Smart Learning Environments*, v. 9, n. 1, p. 1–19, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1186/s40561-022-00192-z>. Disponível em: <https://slejournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40561-022-00192-z>. Acesso em: 25 fev. 2025.

ZAWACKI-RICHTER, O.; MARÍN, V. I.; BOND, M.; et al. **Systematic review of**

research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?. International Journal of Educational Technology in Higher Education, v. 16, p. 39, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>. Acesso em: 29 jan. 2025.

ZEM LOPES, Aparecida Mara. **Uma abordagem de suporte à avaliação de qualidade de sistemas educacionais baseados em Web Semântica**. 2017. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências de Computação e Matemática, USP – São Carlos. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55134/tde-01022018-084626/publico/AparecidaMariaZemLopes_revisada.pdf. Acesso em: 11 dez. 2024.

APÊNDICE A - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E TÉCNICA

A.1. AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM

A crescente presença dos Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) no cenário educacional contemporâneo reflete o avanço das tecnologias digitais e sua capacidade de contribuir para redefinir as práticas pedagógicas. Segundo Recuero (2001), os AVEAs são definidos como mídias que utilizam espaços virtuais para veiculação de conteúdos e promoção de interação entre os diferentes atores do processo educativo. Nesse contexto, o impacto com o uso dos AVEAs não se restringe mais apenas à educação à distância, mas se estende também ao ensino presencial, promovendo novas possibilidades de ensino e aprendizagem conectada.

Inicialmente voltados para a educação à distância, os ambientes evoluíram para se tornarem componentes também na educação presencial. Como consequência dessa transformação, Moran (2004) destaca a necessidade de que as instituições educacionais integrem na modalidade presencial muitas das soluções tecnológicas antes restritas à educação online. Esse movimento é impulsionado por tendências discutidas pelo Consortium (2024), que discute a necessidade de constante inovação e pesquisa sobre o uso de tecnologias para educação. Dessa forma, é possível refletir que o avanço tecnológico desempenha um papel que pode ser avaliado como central na modernização e potencialização das relações de ensino e aprendizagem com o uso de AVEAs.

Nesse contexto, a evolução tecnológica, tem permitido que os AVEAs incorporem recursos interativos, como fóruns de discussão, chats instantâneos, videoconferências, podcasts e videoaulas, todos voltados para a criação de experiências educacionais mais dinâmicas e acessíveis. Além disso, o uso de tecnologias emergentes, como ambientes virtuais 3D e sistemas de gestão de aprendizagem com suporte a big data e inteligência artificial, ampliam as possibilidades didáticas e metodológicas. No entanto, vale ressaltar que a transição das metodologias tradicionais para as práticas virtuais demanda mais do que apenas a adoção de novas ferramentas, exige também uma reflexão sobre a possibilidade de reorganização da estrutura pedagógica, trazendo um novo desafio para os agentes envolvidos.

O professor, que antes era o centro do processo educacional, passa a assumir o papel de mediador, incentivando a autoaprendizagem, a colaboração e a pesquisa crítica. Por outro lado, o aluno é desafiado a se tornar o protagonista de sua jornada educacional, participando ativamente de um espaço virtual cada vez mais conectado. Essa mudança de

postura está contribuindo com a inovação das relações de ensino e aprendizagem e provocando adaptações contínuas por parte de todos os envolvidos.

Diante desse cenário, a variedade de AVEAs e suas especificidades pode ser explorada para compreender melhor as ferramentas, modelos e aplicações. As plataformas incluem desde softwares de código aberto, como Moodle, até soluções proprietárias, como Blackboard e Canvas LMS. Essa exploração permite identificar formas de aprimorar a experiência de ensino e aprendizagem e adaptar estratégias didáticas às diferentes expectativas e necessidades dos alunos, considerando os desafios pedagógicos associados à evolução tecnológica. Assim, a transposição da sala de aula física para o ambiente digital requer um planejamento didático que considere as particularidades da interação online e as expectativas de diferentes gerações de alunos, desde os nativos digitais até aqueles que estão em processo de adaptação a essas novas formas de aprendizado. Essa dinâmica inclui a análise das tipologias e características específicas dos AVEAs, destacando tanto as possibilidades quanto os desafios envolvidos na implementação dessas tecnologias. A avaliação das categorias e recursos dessas plataformas permite compreender sua integração às práticas pedagógicas, evidenciando a complexidade desse processo no contexto educacional contemporâneo.

A.2. TIPOS E FUNCIONALIDADES

Os AVEAs podem ser classificados em três categorias principais: softwares Open Source, proprietários gratuitos e pagos ou proprietários. Cada categoria apresenta características distintas que atendem a diferentes demandas educacionais. Os softwares Open Source, como o Moodle, caracterizam-se pela flexibilidade e adaptabilidade, permitindo que as instituições de ensino ajustem a plataforma conforme suas necessidades específicas. Um exemplo é o Sloodle, que integra recursos de realidade virtual 3D, criando um ambiente MUVE (Multi User Virtual Environment) que amplia a interatividade nas aulas.

Os softwares proprietários com versão gratuita, como o Edmodo e o Google for Education, oferecem funcionalidades abrangentes sem custos, mas com limitações quanto à personalização. O Edmodo se diferencia por incentivar a participação ativa de pais ou responsáveis, promovendo um acompanhamento mais engajado das atividades educacionais. Já o Google for Education combina ferramentas como Google Docs e Google Drive, que facilitam o compartilhamento de conteúdos multimídia, além de possibilitar o gerenciamento das atividades acadêmicas.

Por outro lado, os softwares pagos ou proprietários, como o Blackboard e o Canvas LMS, requerem investimento financeiro, mas oferecem recursos personalizados, como monitoramento do desempenho dos alunos e suporte à aprendizagem baseada em competências. Adicionalmente, como apontado por Bartelle e Medeiros (2024), os assistentes virtuais têm emergido como componentes integrados a muitas plataformas, possibilitando a automação de interações e oferecendo suporte contínuo a estudantes e professores. Essas ferramentas, além de otimizar a experiência educacional, ampliam a personalização e a flexibilidade no ensino, configurando-se como uma solução estratégica para AVEAs.

A possibilidade de modelos variados demonstra como os AVEAs podem incorporar recursos diversificados que podem ampliar a qualidade da experiência educacional. Ferramentas como fóruns de discussão para promover debates, chats instantâneos para interação síncrona e videoconferências para aulas online são exemplos de funcionalidades que facilitam a adaptação ao ambiente digital em qualquer tipo de AVEA. Além disso, os assistentes virtuais contribuem diretamente para a autonomia dos estudantes ao atenderem suas demandas de forma ágil e personalizada, enquanto ferramentas de avaliação variam entre testes automatizados e atividades subjetivas que geram relatórios de desempenho detalhados, permitindo um acompanhamento mais aproximado do aprendizado.

A.3. HISTÓRIA, TÉCNICAS E DESAFIOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A trajetória da Inteligência Artificial reflete um desenvolvimento contínuo marcado pela busca humana por criar sistemas que imitem a cognição e processos de raciocínio dos mais variados tipos de complexidades. Os primeiros avanços surgiram na década de 1950, quando Alan Turing introduziu o conceito do Teste de Turing, propondo uma forma de avaliar a capacidade de uma máquina em exibir comportamento inteligente semelhante ao humano. Esse marco foi seguido, em 1956, pela Conferência de Dartmouth, onde John McCarthy cunhou oficialmente o termo "Inteligência Artificial" e iniciou uma era de pesquisas mais focadas e estruturadas na área. Nas décadas seguintes, os esforços em IA concentraram-se principalmente em sistemas baseados em regras e raciocínio lógico, como o ELIZA, que simulava interações simples. No entanto, as limitações de hardware e software da época levaram a períodos de estagnação, conhecidos como "invernos da IA", em que o entusiasmo e o financiamento diminuíram significativamente.

A partir da década de 1980, a IA experimentou uma nova fase de progresso com a introdução de redes neurais artificiais e o desenvolvimento de técnicas de aprendizado de máquina (machine learning). Essas inovações abriram caminho para sistemas capazes de aprender com dados e melhorar suas respostas ao longo do tempo. Esse movimento ganhou ainda mais força nos anos 2000, com o advento do aprendizado profundo (deep learning), que utiliza redes neurais multicamadas para processar grandes volumes de dados, possibilitando avanços em áreas como reconhecimento de imagem, voz e processamento de linguagem natural (Russell & Norvig, 2022). Modelos contemporâneos, como o GPT-3 da OpenAI, representam o ápice dessa evolução, com capacidades para realizar tarefas complexas e gerar respostas autônomas com alto grau de sofisticação.

As técnicas de IA modernas abrangem abordagens que contribuem para o desenvolvimento e aplicação de sistemas inteligentes. O aprendizado de máquina tornou-se uma base com algoritmos capazes de fazer previsões e tomar decisões a partir de grandes conjuntos de dados, usando métodos que podem ser supervisionados, utilizando dados rotulados para treinar modelos que preveem resultados, ou não supervisionados, que identificam padrões em dados sem rótulos explícitos. Outra técnica é o aprendizado por reforço, que ensina agentes a alcançar objetivos por meio de tentativas e recompensas. O aprendizado profundo, uma subárea do aprendizado de máquina, expande essas capacidades ao empregar redes neurais profundas que processam tarefas complexas, como análise de imagens e tradução automática. Enquanto as Redes Neurais Convolucionais (CNNs) são aplicadas em visão computacional, as Redes Neurais Recorrentes (RNNs) são mais eficazes no processamento de linguagem natural.

O uso de Processamento de Linguagem Natural (PLN) tem se mostrado fundamental para a interação entre humanos e computadores, facilitando a comunicação em plataformas de assistentes virtuais e sistemas de análise de sentimentos. No entanto, com a expansão dessas aplicações, emergem desafios que colocam em pauta a responsabilidade sobre o uso da IA. Como observado por Moro et al. (2021), embora os agentes inteligentes ofereçam benefícios, é relevante considerar os desafios éticos associados ao seu uso, incluindo questões de privacidade, segurança de dados e possíveis preconceitos algorítmicos.

O preconceito algorítmico figura como um desafio, pois sistemas treinados com dados tendenciosos podem perpetuar desigualdades e injustiças sociais. A falta de explicabilidade nos modelos de IA, particularmente os baseados em aprendizagem

profunda, também representa um desafio. Muitas vezes chamados de "caixas-pretas" devido à opacidade desses sistemas, eles dificultam a compreensão sobre como decisões são tomadas e podem gerar impactos profundos em setores como educação, saúde e justiça.

No Brasil, a regulamentação da IA tem avançado para ampliar a segurança sobre o uso ético e responsável dessa tecnologia. Em 2023, o Projeto de Lei nº 2.338/2023 foi apresentado no Senado Federal com diretrizes que visam proteger os direitos dos cidadãos e promover a inovação responsável. Essa proposta, liderada pelo senador Rodrigo Pacheco, foi elaborada com base em análises de práticas internacionais e no trabalho de uma comissão de juristas especializados. Os princípios fundamentais do projeto incluem a centralidade da pessoa humana e o respeito aos direitos humanos, além de estabelecer normas específicas para o uso de IA pelo setor público e prever sanções em caso de violações. Em 2024, a Comissão Temporária sobre Inteligência Artificial no Brasil (CTIA) apresentou um relatório atualizado que detalha os direitos, deveres e mecanismos de fiscalização do uso de IA, destacando o compromisso com o desenvolvimento de sistemas inteligentes que possam respeitar questões éticas alinhadas com as melhores práticas internacionais. Adicionalmente, o governo brasileiro anunciou o Plano Brasileiro de Inteligência Artificial (PBIA), com investimento previsto de R\$ 23 bilhões para incentivar a pesquisa e o desenvolvimento de IA com foco em inovação sustentável e socialmente responsável (BRASIL, 2024).

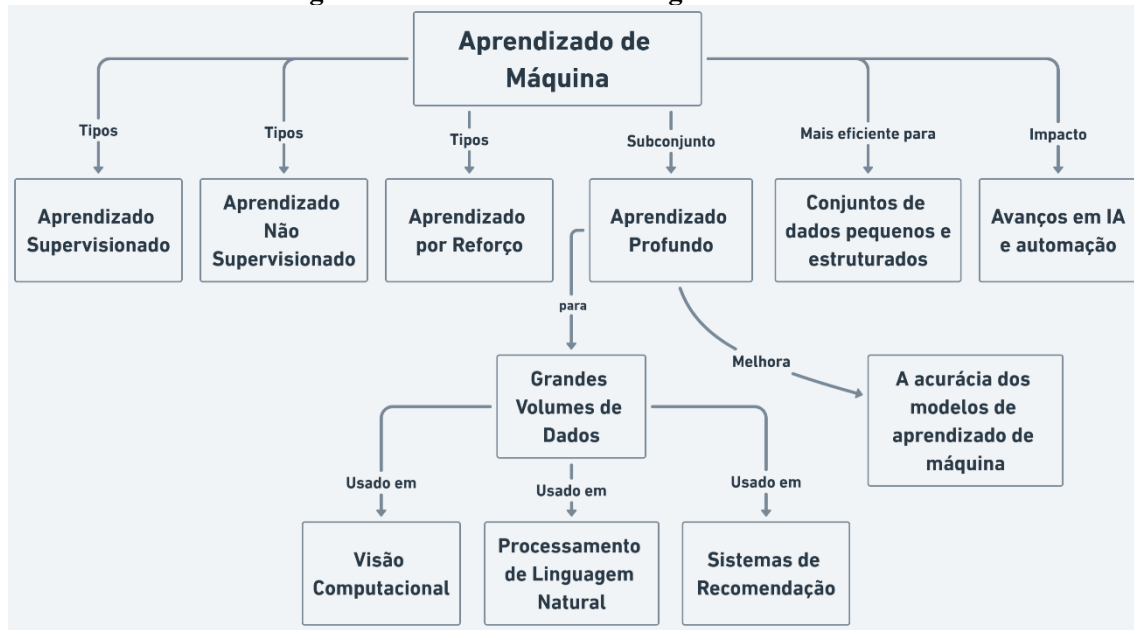
Essas medidas e regulamentações colocam o Brasil em um caminho de desenvolvimento tecnológico que busca equilibrar o crescimento econômico com a proteção dos direitos dos cidadãos e a responsabilidade ética no uso da IA. Dessa forma, o país busca alinhamento com as práticas internacionais e promove um ambiente para a inovação segura e equitativa.

A.4. TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

A evolução das técnicas de inteligência artificial tem proporcionado transformações em diversas áreas, incluindo educação, negócios e serviços, permitindo maior personalização e adaptação às necessidades dos usuários. De acordo com Russell e Norvig (2020), a IA é fundamentada em algoritmos que processam grandes volumes de dados para solucionar problemas complexos, sendo amplamente aplicada em aprendizado de máquina, aprendizado profundo, processamento de linguagem natural e visão

computacional com diferentes abordagens que não funcionam isoladamente, mas se complementam. A Figura A.1 apresenta um fluxograma destacando as técnicas e abordagens de inteligência artificial, além da conexão entre elas para formar sistemas classificados como inteligentes, destacando a relação entre o aprendizado de máquina, aprendizado profundo e suas subáreas.

Figura A.1 – Técnicas de Inteligência Artificial



Fonte: Autores

A organização e o funcionamento das técnicas de Inteligência Artificial apresentadas a seguir estão fundamentados na abordagem de Russell e Norvig (2025), que descrevem a IA como um campo estruturado em diferentes métodos para processamento, aprendizado e tomada de decisão. Neste contexto, a seguir serão detalhadas as técnicas, características e aplicações.

A.4.1. APRENDIZADO DE MÁQUINA

O aprendizado de máquina é uma subárea da IA que utiliza algoritmos para identificar padrões em dados, permitindo que sistemas computacionais tomem decisões de forma autônoma. No aprendizado supervisionado, os modelos são treinados com dados rotulados para realizar previsões. Já no aprendizado não supervisionado, a meta é identificar estruturas ou agrupamentos em dados brutos. Por fim, o aprendizado por reforço se baseia na interação do agente com o ambiente, maximizando recompensas ao longo do tempo. Do ponto de vista técnico, o aprendizado de máquina envolve três etapas principais: coleta e preparação de dados, treinamento do modelo e avaliação. A coleta de

dados garante que informações relevantes sejam organizadas, enquanto o treinamento utiliza algoritmos como redes neurais, árvores de decisão e métodos de regressão para ajustar os parâmetros do modelo. A avaliação mede a capacidade de generalização do modelo em novos conjuntos de dados, garantindo soluções robustas e escaláveis.

A.4.2. APRENDIZADO PROFUNDO

O aprendizado profundo (deep learning) é uma extensão do aprendizado de máquina, utilizando redes neurais profundas para lidar com dados de alta complexidade. As redes convolucionais (CNNs) e recorrentes (RNNs) são amplamente citadas por sua capacidade de processar imagens e séries temporais, respectivamente. O uso de algoritmos como a retropropagação tem sido essencial para ajustar pesos e melhorar a precisão dos modelos. Ademais, os avanços em infraestrutura computacional, como Graphics Processing Unit (GPUs), têm acelerado significativamente o desenvolvimento dessa técnica. Tecnicamente, o aprendizado profundo diferencia-se por utilizar múltiplas camadas de processamento que aprendem representações hierárquicas dos dados. Por exemplo, em CNNs, as camadas iniciais capturam padrões simples como bordas, enquanto as camadas posteriores reconhecem formas mais complexas. A retropropagação calcula os erros no treinamento e ajusta os pesos das conexões neurais, melhorando o desempenho do modelo. (Russell; Norvig, 2022)

A.4.3. PROCESSAMENTO DE LINGUAGEM NATURAL

O Processamento de Linguagem Natural (PLN) combina aprendizado profundo e representações semânticas para que sistemas computacionais compreendam e gerem linguagem humana. Modelos como BERT e GPT destacam-se pela capacidade de capturar contextos complexos. Do ponto de vista técnico, o PLN começa com a segmentação do texto em partes menores (tokenização), seguida da transformação dessas partes em vetores semânticos com embeddings como Word2Vec, GloVe ou transformers. Esses vetores são processados por redes neurais, que analisam o contexto e a relação entre palavras, permitindo soluções robustas para classificação de textos, respostas automáticas e outras aplicações linguísticas.

A.4.4. VISÃO COMPUTACIONAL

A visão computacional capacita sistemas a interpretar dados visuais,

utilizando CNNs para tarefas como detecção de objetos e classificação de imagens. A capacidade das redes convolucionais de extrair características em diferentes níveis hierárquicos tem sido relevante para o avanço da área, complementada por frameworks como TensorFlow. Tecnicamente, o processamento de imagens na visão computacional envolve converter dados visuais em matrizes numéricas que representam cores e intensidades. As CNNs processam essas matrizes por camadas convolucionais, extraindo padrões simples nas primeiras camadas e padrões complexos em camadas mais profundas. Esse processo apoia em aplicações como reconhecimento facial, diagnóstico de avaliações de aprendizagem por imagem e sistemas de veículos autônomos.

A.4.5. ANÁLISE DE SÉRIES TEMPORAIS

A análise de séries temporais se concentra na modelagem de dados ao longo do tempo, utilizando redes recorrentes, como LSTMs, permitindo capturar dependências sequenciais de curto e longo prazo, aplicáveis a previsões financeiras e detecção de anomalias. Tecnicamente, essa abordagem transforma dados brutos em sequências estruturadas para entrada em modelos como ARIMA ou redes neurais profundas. LSTMs e GRUs utilizam células de memória para armazenar informações temporais, permitindo análises preditivas precisas. A normalização e o tratamento de lacunas nos dados são etapas para garantir a precisão dos modelos.

A.4.6. RECONHECIMENTO DE PADRÕES

O reconhecimento de padrões é uma técnica para identificar estruturas em grandes volumes de dados. Algoritmos como k-means e redes profundas automatizam a extração e classificação de características, sendo amplamente aplicados em visão computacional e PLN. Do ponto de vista técnico, essa técnica envolve etapas como extração de características, onde dados brutos são convertidos em representações informativas para classificação ou agrupamento. Redes neurais convolucionais são usadas para padrões visuais, enquanto redes recorrentes analisam dados sequenciais. Algoritmos como SVM e k-means são comuns em aplicações que exigem análise de alta precisão.

A.4.7. SISTEMAS DE RECOMENDAÇÃO

Os sistemas de recomendação utilizam aprendizado de máquina para sugerir itens personalizados. Modelos baseados em filtragem colaborativa e aprendizado

profundo aumentam a precisão das previsões. Esses sistemas têm aplicações que variam de serviços de streaming a ambientes educacionais. Tecnicamente, esses sistemas operam ao processar interações de usuários com itens, criando matrizes que representam similaridades. A filtragem colaborativa analisa padrões de usuários semelhantes, enquanto a filtragem baseada em conteúdo foca nas características dos itens. Redes neurais profundas e embeddings ajudam a capturar relações complexas, gerando recomendações precisas e escaláveis.

A.4.8. CONECTANDO TÉCNICAS DE IA EM AVEAS

A integração das técnicas de IA nos AVEAs envolve uma combinação estratégica de abordagens que transformam a experiência educacional. De acordo com Russell e Norvig (2020), a combinação de algoritmos inteligentes e infraestrutura computacional permite não apenas personalizar de serviços, mas também inovar as interações entre usuários e conteúdos. A Tabela A.1. sintetiza as principais técnicas discutidas na seção anterior, destacando seus tipos de dados, algoritmos mais utilizados e aplicações específicas no contexto educacional com uso de AVEAs. Essa visão pode servir como ponto de partida para compreender como essas técnicas se conectam para criar ambientes de ensino mais personalizados, adaptativos e interativos.

Tabela A.1 – Técnicas e Aplicação

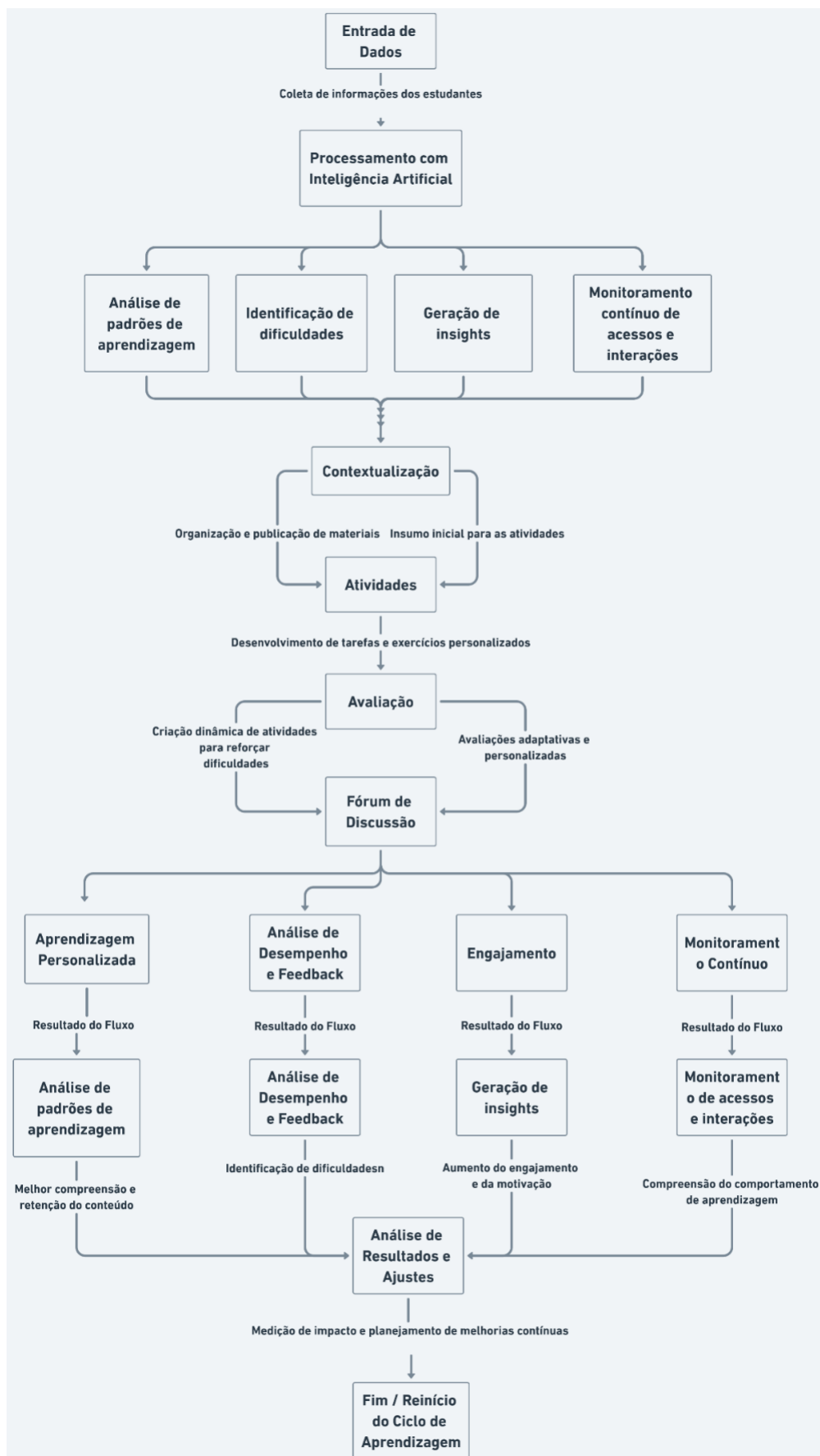
| Técnica | Tipo de Dados | Principais Algoritmos/Modelos | Aplicações em AVEAs |
|------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|
| Aprendizado de Máquina | Estruturados e Não Estruturados | Redes Neurais, Árvores de Decisão | Personalização de conteúdos, análise de desempenho e identificação de lacunas de aprendizado. |
| Aprendizado Profundo | Alta Complexidade e Volume | CNNs, RNNs, Transformers | Criação de modelos adaptativos para suporte individualizado e análise de padrões comportamentais. |
| Processamento de Linguagem Natural | Linguísticos e Textuais | BERT, GPT, Word2Vec | Desenvolvimento de chatbots inteligentes para feedback e suporte linguístico em atividades. |

| | | | |
|-----------------------------|---------------------------|------------------------------------|---|
| Visão Computacional | Visuais (Imagens, Vídeos) | CNNs | Reconhecimento facial para segurança em avaliações online e análise de vídeos educacionais. |
| Análise de Séries Temporais | Sequenciais e Temporais | RNNs, LSTMs, GRUs | Monitoramento de progresso dos estudantes e previsão de desempenho acadêmico. |
| Reconhecimento de Padrões | Multidimensionais | K-Means, SVM, Redes Neurais | Identificação de padrões em respostas para melhorar a avaliação automática. |
| Sistemas de Recomendação | Preferências de Usuários | Filtragem Colaborativa, Embeddings | Sugestão de materiais de estudo personalizados e estratégias de aprendizado. |

Fonte: autor (2025).

Essas técnicas não possibilitam apenas personalizar o ensino, mas podem transformar a forma como os alunos interagem com os conteúdos e educadores. De acordo com Russell e Norvig (2020), técnicas como Machine Learning e Deep Learning podem ajudar a criação de ambientes adaptativos que se ajustam às necessidades individuais dos usuários. Por sua vez, o Processamento de Linguagem Natural e a Visão Computacional promovem experiências mais naturais e interativas. A análise de séries temporais e o reconhecimento de padrões podem contribuir para uma gestão educacional preventiva, identificando tendências e comportamentos que demandam intervenções. Complementarmente, os sistemas de recomendação podem assegurar que cada aluno tenha acesso a recursos alinhados às suas demandas específicas, promovendo um aprendizado mais direcionado. Essa combinação de técnicas pode fortalecer os AVEAs, ampliando seu impacto como ferramentas que não só aprimoram a eficácia do aprendizado, mas também conectam inovação tecnológica às práticas pedagógicas contemporâneas.

APÊNDICE B – FLUXOGRAMA QUE REPRESENTA O MODELO CONCEITUAL



CAPÍTULO 5 – ARTIGO VALIDAÇÃO DO MODELO

VALIDAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL DE AMBIENTES VIRTUAIS DE ENSINO E APRENDIZAGEM COM TÉCNICAS DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

RESUMO

A crescente adoção de técnicas de Inteligência Artificial (IA) em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) tem impulsionado inovações no monitoramento, personalização e gestão da aprendizagem. Entretanto, ainda são limitadas as iniciativas que propõem modelos conceituais validados capazes de articular fundamentos pedagógicos, tecnológicos e éticos de forma integrada. Este artigo tem como objetivo validar um modelo conceitual de AVEA com uso de IA, a partir da análise de especialistas. A metodologia adotada baseou-se no método Vali-Quali, com aplicação técnicas de pesquisa, considerando critérios como alinhamento aos objetivos do estudo, aderência teórica, clareza e expectativa qualitativa. Os resultados apontam para um modelo promissor e aplicável para orientar práticas educacionais mediadas por IA.

Palavras-chave: Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem; Inteligência Artificial; Educação Inovadora; Validação; Modelos Conceituais.

1. INTRODUÇÃO

O uso de tecnologias digitais aplicadas à educação tem provocado transformações significativas nos modos de ensinar e aprender, impulsionando novas formas de interação, comunicação e organização do conhecimento. Nesse contexto, os Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) emergem como recursos estratégicos para a mediação pedagógica e ampliação do acesso à educação em diversos níveis e modalidades. A consolidação dos AVEAs acompanha a evolução da educação a distância e híbrida, permitindo maior flexibilidade, personalização e dinamismo nos processos formativos.

Com o avanço tecnológico, esses ambientes passaram a incorporar uma variedade de recursos interativos, como fóruns, chats, videoaulas, podcasts e testes automatizados. Mais recentemente, técnicas de Inteligência Artificial (IA) têm sido integradas aos AVEAs, visando ampliar sua capacidade de resposta às demandas educacionais contemporâneas. Segundo Russell e Norvig (2010), a IA é composta por sistemas capazes de simular o comportamento inteligente humano, como aprendizado, raciocínio e tomada de decisões. No campo da educação, isso se traduz na possibilidade de oferecer experiências mais personalizadas, com acompanhamento contínuo do

desempenho discente e automatização de processos avaliativos e analíticos.

Apesar de seu potencial, a incorporação da IA em contextos educacionais ainda enfrenta desafios técnicos, éticos e pedagógicos. A ausência de modelos conceituais validados, que orientem o uso da IA de maneira estruturada e alinhada a princípios pedagógicos, representa uma lacuna relevante no campo da tecnologia educacional. Diversas iniciativas existentes operam de forma fragmentada, sem respaldo teórico consistente ou avaliação sistemática de seus impactos. Como destaca Creswell (2007), a validação de instrumentos e modelos em pesquisa qualitativa é essencial para assegurar a credibilidade dos resultados e sua coerência com os objetivos do estudo.

A validação de propostas educacionais baseadas em IA exige a escuta crítica de especialistas, que possam analisar a clareza, aplicabilidade, coerência metodológica e viabilidade prática dos modelos desenvolvidos. Nesse sentido, Torlig et al. (2022) propõem um método estruturado para validação de instrumentos qualitativos, por meio da análise de juízes especialistas. A proposta, denominada Vali-Qual, estabelece critérios como alinhamento com os objetivos do instrumento, aderência aos construtos teóricos, clareza da linguagem e expectativa qualitativa. Tal abordagem se mostra relevante para contextos em que a análise é predominantemente interpretativa, como na avaliação de modelos educacionais.

Com base nesse panorama, este estudo tem como objetivo validar um modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem com integração de técnicas de Inteligência Artificial, elaborado a partir de evidências da literatura e diretrizes metodológicas para inovação educacional. A proposta é analisada por especialistas das áreas de educação, tecnologia e inteligência artificial, com foco na aplicabilidade do modelo, sua clareza estrutural, relevância pedagógica e potencial de aprimoramento.

De forma específica, propõe-se: (i) analisar as percepções dos especialistas sobre os elementos estruturantes do modelo; (ii) identificar sugestões de aprimoramento; (iii) avaliar a aplicabilidade do modelo em contextos educacionais reais; e (iv) sistematizar os resultados da validação para orientar refinamentos futuros.

A relevância desta pesquisa está na necessidade de fundamentar a incorporação de soluções baseadas em IA na educação de forma crítica, ética e tecnicamente viável. A contribuição do estudo reside na possibilidade de fortalecer o desenvolvimento de propostas que articulem inovação tecnológica e qualidade pedagógica, ampliando as potencialidades dos ambientes virtuais de aprendizagem no atendimento às demandas contemporâneas do ensino.

A pesquisa foi conduzida com base em dados anônimos e agrupados, obtidos por meio de instrumentos digitais, como questionários estruturados aplicados online. Por não envolver dados sensíveis ou identificáveis, e por não haver qualquer tipo de intervenção direta sobre os participantes, o estudo não foi submetido a Comitê de Ética, conforme previsto na Resolução CNS nº 510/2016, que regulamenta as exigências éticas para pesquisas nas áreas das ciências humanas e sociais.

Este artigo está estruturado em cinco seções, além desta introdução. A seção 2 apresenta o referencial teórico que fundamenta a proposta, abordando os principais conceitos relacionados à IA na educação, modelos conceituais e estratégias de validação. A seção 3 descreve os procedimentos metodológicos adotados, incluindo perfil dos participantes, instrumentos de coleta e formas de análise. Na seção 4, são apresentados e discutidos os resultados obtidos com base nas contribuições dos especialistas. Por fim, a seção 5 reúne as considerações finais, destacando as contribuições do estudo, suas limitações e direções para futuras investigações.

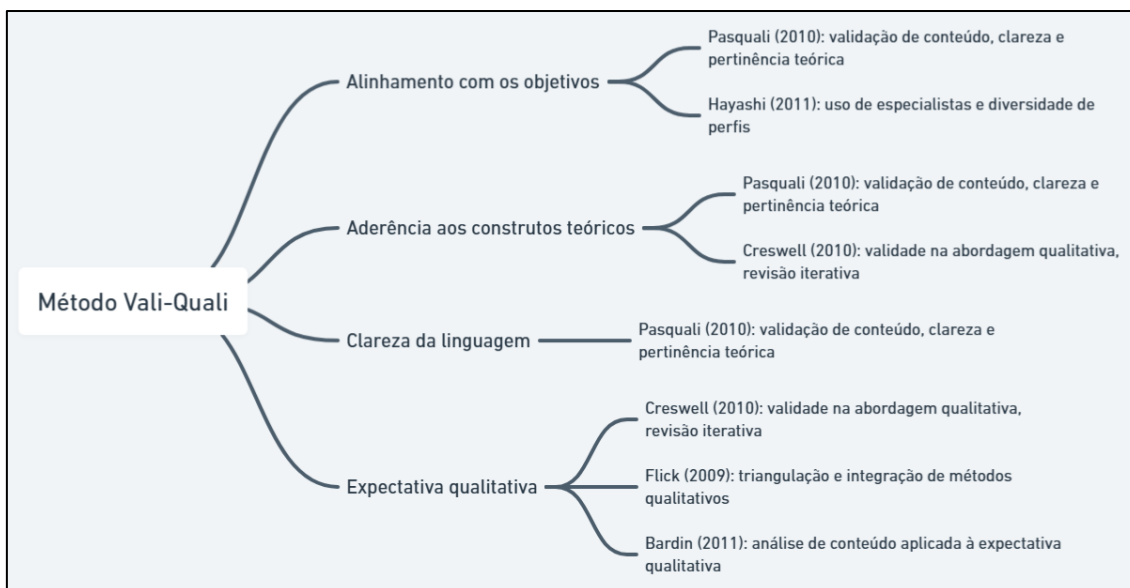
2. MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção apresenta os procedimentos metodológicos adotados para a validação do modelo conceitual, considerando a natureza exploratória da pesquisa e os objetivos propostos, optou-se por uma abordagem qualitativa com foco na análise de especialistas, método reconhecido por sua capacidade de captar interpretações, percepções e julgamentos fundamentados.

A validação foi conduzida com base no método Vali-Quali, proposto por Torlig et al. (2022), que estrutura o processo em duas dimensões principais, conteúdo e semântica, avaliadas por meio de quatro critérios centrais: alinhamento com os objetivos do estudo, aderência aos construtos teóricos, clareza da linguagem e expectativa qualitativa. Para ampliar a fundamentação teórica da abordagem adotada, o estudo fundamentou-se em autores que contribuíram para o fortalecimento dos critérios metodológicos aplicados.

A Figura 1 apresenta uma síntese visual da fundamentação teórica da pesquisa, evidenciando a centralidade do método Vali-Quali e sua articulação com as contribuições dos autores que embasam cada um dos critérios avaliativos.

Figura 1 – Fundamentação teórica para validação do modelo



Fonte: autor (2025).

Essa representação permite visualizar o central do método Vali-Quali e sua articulação com referências da área, como Pasquali (2010), Hayashi (2011), Creswell (2010), Flick (2009) e Bardin (2011), que reforçam os fundamentos utilizados para estruturação dos instrumentos, análise dos dados e organização dos juízes. A metodologia adotada está organizada nas subseções a seguir, nas quais são apresentados o tipo de pesquisa, os fundamentos teóricos da validação qualitativa, os critérios de seleção dos juízes, os instrumentos de coleta de dados e os procedimentos éticos e analíticos considerados ao longo do estudo.

2.1 TIPO E ABORDAGEM

Este estudo caracteriza-se como qualitativo, aplicado e exploratório, aspectos que, em conjunto, ofereceram um delineamento metodológico objetivo de investigação. A pesquisa qualitativa foi adotada por sua capacidade de explorar fenômenos complexos e dinâmicos, cujas variáveis são dependentes do contexto e exigem uma análise detalhada das percepções e interpretações dos participantes. Segundo Creswell (2010), essa abordagem permite compreender processos sociais e tecnológicos por meio da coleta de dados subjetivos e da interpretação das experiências relatadas pelos participantes. Neste estudo, a abordagem qualitativa foi orientada por processos fenomenológicos, buscando captar as percepções de especialistas sobre o modelo proposto, considerando suas experiências e expectativas relacionadas ao uso de IA em AVEAs.

A pesquisa realizada foi de natureza aplicada, uma vez que envolveu o desenvolvimento e validação de um modelo conceitual com o propósito de fornecer uma

solução prática e fundamentada para aprimorar processos educacionais mediados por tecnologias digitais. De acordo com Moran (2015), a pesquisa aplicada é essencial quando se busca articular fundamentos teóricos com proposições práticas que respondam a desafios concretos, especialmente em ambientes educacionais que demandam inovação tecnológica e pedagógica. Neste trabalho, a aplicação prática do modelo foi investigada por meio de sua avaliação crítica por especialistas, com o intuito de validar sua adequação e relevância pedagógica.

A pesquisa também assumiu um caráter exploratório, pois buscou identificar, organizar e analisar os elementos que compõem o modelo proposto, bem como avaliar sua aplicabilidade, clareza e coerência teórica. De acordo com Creswell (2010), pesquisas exploratórias são apropriadas quando se pretende obter um entendimento inicial e estruturado de fenômenos ainda pouco investigados. Nesse caso, o uso de IA em AVEAs é considerado um campo emergente que demanda estudos exploratórios para consolidar práticas pedagógicas fundamentadas e inovadoras.

2.2 ABORDAGEM TEÓRICA

A validação qualitativa é um procedimento para garantir a consistência, clareza e aplicabilidade de estudos. Para Creswell (2010), a validação em pesquisa qualitativa deve ser compreendida como um processo contínuo de refinamento e aprimoramento dos instrumentos de pesquisa, buscando assegurar que os resultados sejam autênticos e coerentes com os fenômenos estudados. Segundo o autor, “a validade em pesquisa qualitativa não é um produto, mas um processo que envolve interpretação, triangulação e revisão contínua”.

A metodologia qualitativa é particularmente conectada para este estudo devido à sua capacidade de explorar fenômenos, proporcionando uma compreensão das percepções dos especialistas que avaliaram o modelo proposto. Flick (2009, p. 16) argumenta que a pesquisa qualitativa “permite o exame de processos e práticas em contextos sociais complexos, fornecendo insights que métodos quantitativos não poderiam captar”. Além disso, o autor destaca a importância da triangulação como uma estratégia para aumentar a validade e a confiabilidade dos resultados.

Neste estudo, adota-se como principal referencial metodológico o método denominado Vali-Quali, desenvolvido por Torlig et al. (2022), que propõe um processo estruturado de validação qualitativa com base na análise crítica de juízes especialistas. Segundo os autores, o Vali-Quali é relevante para a validação de instrumentos que

demandam análise interpretativa e subjetiva, como é o caso do modelo conceitual de AVEA com técnicas de IA. Os autores explicam que:

“O método Vali-Quali é composto por duas dimensões principais: conteúdo e semântica. Essas dimensões permitem avaliar atributos relacionados ao alinhamento com os objetivos do estudo, aderência aos construtos teóricos, clareza da linguagem e expectativa qualitativa dos especialistas.” (TORLIG et al., 2022).

A escolha do método Vali-Quali está alinhada com o objetivo deste estudo de validar o modelo conceitual proposto de maneira criteriosa e fundamentada. Esse método envolve o julgamento de especialistas em relação a quatro atributos principais, conforme descrito na Tabela 1:

Tabela 1 – Atributos principais do método Vali-Quali

| Atributo | Descrição |
|-----------------------------------|---|
| Alinhamento com os objetivos | Verificar se o modelo atende aos propósitos definidos pela pesquisa. |
| Aderência aos construtos teóricos | Avaliar a consistência do modelo em relação aos conceitos teóricos subjacentes. |
| Clareza da linguagem | Analisar se o modelo é expresso de forma clara, compreensível e adequada ao público-alvo. |
| Expectativa qualitativa | Identificar o potencial do modelo em gerar respostas ricas e pertinentes para o fenômeno investigado. |

Fonte: autores (2025).

A adoção do método Vali-Quali é considerada adequada para o presente estudo por fornecer uma estrutura sistemática e bem definida para a análise crítica de instrumentos teóricos. Esse método, ao contemplar aspectos relacionados à clareza, coerência e aplicabilidade do modelo, demonstra alinhamento com as recomendações de Pasquali (2010), que enfatiza a relevância de se avaliar a clareza e a pertinência teórica de instrumentos validados por especialistas. Para o autor, a validação de conteúdo é um processo essencial para assegurar que um modelo ou instrumento seja adequado aos seus propósitos, especialmente quando envolve múltiplas perspectivas e áreas de conhecimento.

Além disso, a estrutura proposta pelo método Vali-Quali, que enfatiza a triangulação de dados e a coleta de múltiplas perspectivas, apresenta coerência com os apontamentos de Flick (2009), que sugere que a combinação de diferentes fontes de informação pode aprimorar a validade e a confiabilidade dos resultados qualitativos. De maneira semelhante, Creswell (2010) destaca que a validade em pesquisa qualitativa é

um processo contínuo que envolve interpretação rigorosa e revisão sistemática.

A utilização de especialistas como avaliadores, prevista no método Vali-Quali, é frequentemente mencionada na literatura como um procedimento relevante para contribuir com a adequação e aplicabilidade dos modelos propostos. Conforme argumenta Hayashi (2011), esse processo pode ser apropriado para assegurar que os instrumentos sejam compreensíveis e adequados ao contexto em que se pretende aplicá-los.

2.3 COLETA DE DADOS E PARTICIPANTES

O processo de validação qualitativa deste estudo envolveu a participação de especialistas selecionados com base em critérios que indicam qualificação técnica e teórica adequada para a análise crítica do modelo conceitual proposto. A escolha desses participantes foi orientada por aspectos como formação acadêmica, experiência profissional, produção científica na área e atuação prática em temas relacionados a Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) e Inteligência Artificial (IA). Esses critérios visam garantir que os especialistas possuam conhecimento relevante e atualizado, capaz de contribuir para a avaliação criteriosa do modelo proposto.

A utilização de especialistas é discutida na comunidade científica como uma prática que pode favorecer a clareza, pertinência e relevância teórica de um modelo ou instrumento. Segundo Pasquali (2010), o julgamento por juízes é recomendado especialmente em processos de validação de conteúdo, pois possibilita verificar se os elementos avaliados atendem aos propósitos estabelecidos pela pesquisa. De maneira semelhante, Hayashi (2011) argumenta que a participação de especialistas contribui para que os instrumentos de pesquisa sejam compreensíveis e adequados ao contexto de aplicação, permitindo identificar lacunas e potenciais melhorias.

O método Vali-Quali, desenvolvido por Torlig et al. (2022), também enfatiza a relevância de integrar múltiplas perspectivas na análise de modelos conceituais, considerando que essa prática pode aprimorar a validade e a consistência dos resultados obtidos. Nesse sentido, a escolha de especialistas com diferentes perfis busca contemplar dimensões variadas do modelo proposto, o que é sugerido como uma estratégia para investigações que envolvem áreas interdisciplinares, como o uso de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem.

2.3.1 PERFIL DOS PARTICIPANTES

A seleção dos participantes para o processo de validação qualitativa foi realizada com base nos critérios estabelecidos, priorizando especialistas com formação acadêmica relevante, experiência prática e produção científica relacionada a Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs) e Inteligência Artificial (IA). Esse procedimento visou contemplar diferentes perfis de especialistas, considerando que a diversidade de conhecimentos pode favorecer uma análise mais abrangente e fundamentada do modelo conceitual proposto.

Pesquisadores como Pasquali (2010) e Hayashi (2011) sugerem que a participação de especialistas com perfis distintos pode contribuir para identificar aspectos variados do fenômeno estudado e aprimorar a validade do instrumento em análise. De acordo com Pasquali (2010), a avaliação por juízes é recomendada quando se busca verificar a clareza, pertinência e relevância teórica de instrumentos que exigem análise crítica e fundamentada. Nesse sentido, Hayashi (2011) sugere que o uso de múltiplos avaliadores pode ampliar a compreensão do objeto de estudo, especialmente em áreas interdisciplinares que demandam conhecimentos específicos.

Considerando essas recomendações, foram definidos cinco perfis principais de participantes, com base em suas áreas de atuação e expertise, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 – Perfis dos Participantes Convidados

| Perfil dos Participantes | Descrição |
|--|--|
| Professores | Especialistas com experiência em ensino presencial, híbrido ou a distância, capazes de avaliar a aplicabilidade pedagógica do modelo proposto. |
| Especialistas em Inteligência Artificial | Pesquisadores ou profissionais com conhecimento técnico em IA, aplicação de algoritmos e técnicas de aprendizagem. |
| Especialistas em Dados | Profissionais especializados em análise de dados educacionais, mineração de dados e sistemas de recomendação. |
| Gestores Educacionais | Líderes de instituições de ensino responsáveis pela gestão de processos educativos. |
| Gestores de Sistemas | Profissionais com expertise na administração e manutenção de plataformas tecnológicas para gestão acadêmica. |

Fonte: Autores (2025).

A variedade de perfis selecionados buscou assegurar que o modelo proposto fosse analisado a partir de várias perspectivas, possibilitando uma avaliação mais

completa e fundamentada. Esse procedimento destacado no método Vali-Quali, descrito por Torlig et al. (2022), como uma abordagem adequada para investigações que envolvem áreas emergentes e interdisciplinares.

2.3.2 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

A seleção dos juízes para o processo de validação qualitativa foi realizada com base em critérios que visaram garantir tanto a qualificação técnica e teórica adequada quanto o respeito às questões éticas previstas para este estudo. Considerando a abordagem do método Vali-Quali (Torlig et al., 2022), os critérios foram definidos para assegurar variadas perspectivas e áreas de conhecimento, favorecendo uma avaliação mais ampla e fundamentada. A Tabela 3 apresenta os critérios adotados.

Tabela 3 – Critérios de Seleção dos Juízes

| Critério | Descrição |
|---------------------------------|--|
| Experiência acadêmica e prática | Especialistas com conhecimento em IA, Educação, Análise de Dados, Gestão Educacional e Sistemas. |
| Formação acadêmica | Preferência por especialistas com título de doutor ou mestre com experiência profissional nas áreas de IA e/ou educação. |
| Diversidade de áreas de atuação | Inclusão de especialistas com perfis distintos para promover múltiplas perspectivas e análise robusta. |
| Disponibilidade e interesse | Convite realizado por e-mail, informando objetivos, procedimentos e caráter voluntário da participação. |

Fonte: Autores (2025).

Os critérios de seleção adotados respeitam as orientações éticas previstas na Resolução CNS nº 510/2016, que regulamenta pesquisas realizadas nas áreas de Ciências Humanas e Sociais. De acordo com a resolução, estudos que utilizam dados obtidos por meio de questionários anônimos, aplicados de forma remota e sem coleta de informações sensíveis ou identificáveis, podem ser dispensados de apreciação por Comitês de Ética em Pesquisa.

A adoção desses critérios buscou alinhar rigor metodológico e respeito aos princípios éticos, garantindo que o processo de validação fosse conduzido de maneira responsável e fundamentada.

2.3.3 CONVITE E PARTICIPAÇÃO

O processo de coleta de dados deste estudo envolveu o envio de convites a especialistas selecionados com base nos critérios estabelecidos para a validação

qualitativa do modelo conceitual proposto. Como etapa inicial da coleta de dados, foram enviados 15 convites por e-mail, direcionados a profissionais com expertise em Inteligência Artificial, Educação, Análise de Dados, Gestão Educacional e Gestão de Sistemas. O convite, que apresentou os objetivos da pesquisa, os procedimentos metodológicos adotados e as orientações para participação, teve o propósito de fornecer informações aos potenciais participantes, assegurando que pudessem compreender o escopo do estudo e decidir livremente sobre sua adesão. Esse instrumento inicial da coleta de dados encontra-se anexado neste trabalho, conforme apresentado no Apêndice A.

Dos 15 especialistas convidados, 12 aceitaram participar do estudo, preenchendo os questionários disponibilizados de forma digital. A diversidade de perfis entre os participantes visou assegurar variadas perspectivas, promovendo uma análise crítica fundamentada do modelo proposto, conforme recomendado pelo método Vali-Quali (Torlig et al., 2022). A etapa de convite contribuiu para o processo de coleta de dados, permitindo identificar e envolver especialistas, garantindo que o estudo fosse conduzido com rigor metodológico. Além disso, o uso de convites remotos e questionários digitais favoreceu o dinamismo na coleta de dados e a obtenção de respostas com os objetivos da pesquisa.

2.4 COLETA DE DADOS

Para conduzir o processo de validação qualitativa do modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem com técnicas de Inteligência Artificial, foi elaborado um instrumento estruturado de coleta de dados, fundamentado nos princípios do método Vali-Quali, conforme proposto por Torlig et al. (2022). A construção do instrumento também seguiu critérios metodológicos apresentados por Pasquali (2010) e Hayashi (2011), que destacam a importância de clareza, pertinência e relevância teórica na formulação de itens avaliativos.

O instrumento aplicado foi composto por um questionário digital, desenvolvido e disponibilizado online aos juízes especialistas. Ele foi estruturado em duas partes: a primeira destinada à caracterização do perfil dos participantes, e a segunda voltada à avaliação do modelo conceitual, por meio de escalas de opinião e campos abertos para comentários. A composição mista do questionário, com itens fechados e abertos, permitiu a combinação de análises quantitativas e qualitativas, favorecendo uma compreensão mais ampla das percepções dos avaliadores.

A elaboração das questões considerou os pilares estruturantes do modelo e foi

adaptada de acordo com os perfis dos juízes, buscando garantir que cada especialista avaliasse aspectos condizentes com sua área de conhecimento e atuação. Essa abordagem está alinhada à orientação de Hayashi (2011), segundo a qual instrumentos avaliativos devem dialogar diretamente com a experiência dos participantes, especialmente em contextos interdisciplinares.

A seguir, são descritos a estrutura do instrumento, os critérios avaliativos considerados e as questões norteadoras utilizadas, organizadas conforme os perfis dos especialistas envolvidos no processo.

2.4.1 ESTRUTURA DO INSTRUMENTOS DE COLETA

O instrumento de coleta de dados foi estruturado em duas partes complementares, com o objetivo de proporcionar uma avaliação coerente do modelo conceitual proposto. O questionário foi elaborado com base nos pilares do modelo, nos perfis dos juízes especialistas e nos critérios definidos pelo método Vali-Quali (Torlig et al., 2022), incorporando ainda orientações de Pasquali (2010) e Hayashi (2011) para destacar clareza, pertinência e relevância dos itens avaliativos.

A aplicação do instrumento foi realizada de forma digital, por meio de formulário eletrônico, respeitando os princípios éticos de anonimato, consentimento voluntário e uso exclusivo dos dados para fins acadêmicos., em que os respondentes não forneceram informações pessoais identificáveis, e todas as respostas foram analisadas de forma agrupada.

A primeira parte do instrumento teve como finalidade identificar o perfil profissional dos participantes e destacar o consentimento informado, conforme estabelece a Resolução CNS nº 510/2016. As perguntas incluídas neste bloco permitiram a classificação dos juízes especialistas por área de atuação, formação e experiência, sem a coleta de dados sensíveis. Com base na resposta à pergunta sobre a área de atuação, os participantes foram automaticamente encaminhados à segunda parte do questionário, com questões direcionadas conforme seu perfil.

A segunda parte do instrumento consistiu em cinco perguntas adaptadas à área de atuação de cada juiz, correspondentes aos cinco pilares centrais do modelo conceitual, são eles 2.4.1: Interatividade e Comunicação, Personalização da Aprendizagem, Gestão e Monitoramento, Integração de Tecnologias e Usabilidade e Acessibilidade.

Cada questão foi respondida por meio de uma escala Likert de cinco pontos,

que variou de “Totalmente insatisfatório” a “Totalmente satisfatório”, acompanhada de um campo aberto para comentários e sugestões adicionais. Esse tipo de escala é utilizado em pesquisas aplicadas por permitir o registro de julgamentos subjetivos de maneira ordenada, possibilitando interpretações sobre percepções e atitudes dos participantes. Como destaca Gil (2008), a escala de Likert é uma técnica para captar o grau de avaliação dos respondentes em relação a determinadas proposições, promovendo a organização e sistematização dos dados de forma clara e objetiva. As perguntas foram formuladas com o intuito de provocar uma análise do modelo à luz da experiência e do conhecimento específico de cada respondente, favorecendo uma avaliação mais rica e situada.

2.4.2 QUESTÕES NORTEADORAS

Com o intuito de aprofundar a avaliação qualitativa do modelo conceitual, as questões foram elaboradas considerando o perfil profissional dos respondentes e os aspectos abordados na proposta. A formulação buscou provocar reflexões sobre a aplicabilidade, coerência e relevância do modelo, promovendo um diálogo entre os fundamentos da pesquisa e a experiência prática dos juízes. A seguir, na tabela 4, apresentam-se as perguntas organizadas por perfil, respeitando as especificidades de atuação de cada grupo.

Tabela 4 – Questões norteadoras por perfil de juízes

| Perfil | Questões Avaliativas |
|---|--|
| Professores | 1. O modelo estimula práticas pedagógicas interativas e favorece a mediação entre professores e estudantes em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem? |
| | 2. A proposta contribui para o planejamento de atividades adaptadas às necessidades individuais dos estudantes? |
| | 3. O modelo oferece elementos que apoiam o acompanhamento pedagógico e a avaliação do progresso discente? |
| | 4. As tecnologias sugeridas estão alinhadas às possibilidades reais de uso no cotidiano escolar e institucional? |
| | 5. A linguagem e a estrutura do modelo são compreensíveis, acessíveis e apropriadas para fins pedagógicos? |
| Especialistas em Inteligência Artificial | 1. As soluções técnicas descritas no modelo contribuem para criar canais interativos e dinâmicos em ambientes educacionais? |
| | 2. O uso de Inteligência Artificial está coerente com abordagens reconhecidas de personalização da aprendizagem baseada em dados? |
| | 3. O modelo permite a aplicação de técnicas de IA voltadas ao monitoramento e à geração de diagnósticos educacionais? |

| | |
|-------------------------------|---|
| | 4. As tecnologias e arquiteturas sugeridas são viáveis, atualizadas e integráveis a sistemas educacionais? |
| | 5. Os recursos automatizados propostos podem ser implementados de forma acessível e segura? |
| Especialistas em Dados | 1. O modelo propõe o uso de dados para avaliar a qualidade das interações entre os usuários nos ambientes virtuais? |
| | 2. As informações previstas são suficientes para apoiar ações educacionais personalizadas baseadas em perfis de aprendizagem? |
| | 3. Os indicadores sugeridos para monitoramento são claros, aplicáveis e metodologicamente consistentes? |
| | 4. As propostas de uso e análise de dados estão integradas à estrutura tecnológica do modelo de forma coerente? |
| | 5. As estratégias de visualização e análise de dados são acessíveis e relevantes para diferentes públicos usuários? |
| Gestores Educacionais | 1. O modelo contribui para fortalecer os processos de comunicação institucional em ambientes educacionais mediados por tecnologia? |
| | 2. A proposta favorece o desenvolvimento de políticas institucionais voltadas ao ensino adaptativo e personalizado? |
| | 3. O modelo oferece mecanismos que auxiliam a gestão acadêmica na tomada de decisões com base em dados educacionais? |
| | 4. As propostas de inovação tecnológica são compatíveis com os desafios institucionais enfrentados na implementação de AVEAs com IA? |
| | 5. A estrutura apresentada contempla diretrizes de acessibilidade, inclusão digital e usabilidade para diferentes perfis de usuários? |
| Gestores de Sistemas | 1. As ferramentas descritas são compatíveis com os sistemas de gestão de aprendizagem e comunicação atualmente utilizados? |
| | 2. A arquitetura do modelo permite integrar soluções de IA que personalizem o processo educacional com base em dados do ambiente? |
| | 3. As funcionalidades propostas são operacionais e passíveis de integração a plataformas já existentes? |
| | 4. O modelo apresenta compatibilidade técnica com diferentes sistemas e oferece condições para integração tecnológica segura? |
| | 5. Os requisitos técnicos descritos contemplam critérios de acessibilidade, escalabilidade e facilidade de manutenção? |

Fonte: Autores (2025).

2.4.3 JUSTIFICATIVA METODOLÓGICA

A elaboração do instrumento de coleta foi fundamentada em diretrizes metodológicas baseada nos princípios defendidos por Pasquali (2010), Hayashi (2011) e o método Vali-Quali, proposto por Torlig et al. (2022), onde destacam que um bom

instrumento deve ser capaz de verificar a clareza, a pertinência e a relevância teórica dos itens avaliados, de modo a refletir a coerência entre os objetivos da pesquisa e a construção conceitual proposta. Nesse sentido, a estruturação do questionário foi concebida para promover uma análise do modelo, considerando tanto sua aplicabilidade prática quanto sua consistência teórica.

O instrumento foi organizado em duas partes, a primeira reuniu perguntas preliminares destinadas à caracterização do perfil dos participantes, sem coleta de dados pessoais identificáveis, respeitando os princípios éticos da pesquisa. As informações levantadas, como área de atuação, formação acadêmica, tempo de experiência e familiaridade com AVEAs ou IA, permitiram classificar os respondentes em cinco perfis profissionais distintos, correspondentes às áreas de Educação, Inteligência Artificial, Análise de Dados, Gestão Educacional e Gestão de Sistemas.

A segunda parte do questionário foi composta por cinco questões direcionadas a cada perfil, formuladas com base nos pilares centrais do modelo conceitual. Essa estratégia visou articular as dimensões do modelo aos saberes e práticas específicos de cada grupo de especialistas, ampliando a garantia para uma avaliação mais significativa e contextualizada. Como recomendam Hayashi (2011) e Torlig et al. (2022), a adaptação de instrumentos à realidade e à linguagem dos respondentes é uma prática eficaz para captar nuances qualitativas e sugestões, especialmente em pesquisas que envolvem modelos aplicáveis em contextos interdisciplinares.

As perguntas foram respondidas em escala Likert de cinco pontos, seguidas por campos abertos para comentários qualitativos. A combinação entre itens fechados e abertos permitiu a realização de uma análise integrada dos dados, conforme os procedimentos descritos na próxima seção. A formulação das perguntas específicas por perfil encontra-se detalhada na subseção 2.4.2, reforçando o alinhamento entre os critérios de validação e os objetivos do estudo.

Por fim, a estrutura do instrumento reflete o compromisso metodológico com a triangulação de perspectivas, carregando relevância para estudos de validação que envolvem múltiplos atores e áreas de conhecimento. A abordagem adotada pretendeu contribuir para a robustez do processo avaliativo e para o refinamento do modelo conceitual, com base em evidências provenientes da prática e da experiência profissional dos especialistas.

2.5 ANÁLISE DOS DADOS

A análise dos dados coletados foi conduzida por meio de procedimentos complementares de natureza quantitativa e qualitativa, com o objetivo de interpretar as avaliações dos juízes especialistas em relação ao modelo conceitual proposto. Essa combinação metodológica está em consonância com o tipo de instrumento utilizado e com os pressupostos do método Vali-Qual (Torlig et al., 2022), que propõe a triangulação entre diferentes formas de análise para favorecer a consistência do processo avaliativo.

A abordagem quantitativa foi aplicada às respostas fechadas do questionário, baseadas em uma escala Likert de cinco pontos, organizadas em planilha e submetidas a uma análise descritiva, com o uso de medidas como média, desvio-padrão e frequência relativa, de modo a identificar tendências e padrões nas percepções dos participantes. A interpretação dos resultados buscou identificar níveis de concordância em relação aos critérios avaliados: alinhamento com os objetivos do estudo, aderência aos construtos teóricos, clareza da linguagem e expectativa qualitativa.

A abordagem qualitativa, por sua vez, concentrou-se nas respostas abertas incluídas no questionário. Para sua análise, foi adotado o método de análise de conteúdo, conforme proposto por Bardin (2011), com foco na sistematização e categorização das observações realizadas pelos juízes. Esse método envolve três etapas principais: (i) pré-análise, com leitura e organização do material; (ii) exploração do conteúdo, com codificação e agrupamento de unidades de significado; e (iii) tratamento e interpretação dos resultados, considerando os critérios previamente definidos no instrumento.

De acordo com Flick (2009), a articulação entre diferentes técnicas de análise pode ampliar a compreensão do fenômeno estudado, permitindo integrar aspectos objetivos e subjetivos em uma leitura mais aprofundada dos dados. A utilização de procedimentos quantitativos e qualitativos, nesse sentido, visa dar suporte à validação do modelo proposto, considerando tanto os indicadores de avaliação quanto as interpretações e sugestões oferecidas pelos especialistas.

As categorias emergentes da análise qualitativa foram organizadas de acordo com os quatro critérios de avaliação definidos no método Vali-Qual, e sua interpretação foi conduzida à luz dos pilares do modelo e dos perfis dos juízes. Essa organização buscou facilitar a identificação de convergências, divergências e recomendações para o aprimoramento do modelo.

2.6 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS

A presente pesquisa foi conduzida em conformidade com os princípios éticos

aplicáveis às Ciências Humanas e Sociais, conforme estabelece a Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016, do Conselho Nacional de Saúde. De acordo com essa normativa, são dispensadas de apreciação pelo sistema CEP/CONEP as pesquisas que não envolvem intervenção direta com os participantes, que utilizam instrumentos anônimos e que não coletam dados identificáveis ou sensíveis.

Em consonância com o Art. 1º, parágrafo único, inciso II, alínea “b”, da referida resolução, a investigação aqui apresentada utilizou formulário digital estruturado para coleta de dados, sem qualquer solicitação de nome, e-mail, ou outro dado que possibilitasse a identificação dos participantes. As respostas foram tratadas de forma agregada, assegurando o sigilo e a confidencialidade das informações.

O formulário incluiu uma seção inicial com o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, no qual os especialistas foram previamente informados sobre os objetivos da pesquisa, a natureza acadêmica da investigação, a voluntariedade da participação e o direito de recusa ou desistência a qualquer momento, sem qualquer tipo de prejuízo. O aceite foi registrado por meio eletrônico, mediante seleção da opção “Li e concordo em participar da pesquisa”.

O procedimento adotado está alinhado com orientações da literatura especializada sobre consentimento em ambientes virtuais, que reconhece a validade ética de termos digitais em pesquisas sem identificação dos sujeitos, desde que assegurada a transparência, o respeito à autonomia e a proteção dos participantes (ROCHA, 2021).

Dessa forma, a pesquisa transitou respeitando os dispositivos éticos vigentes, não tendo implicado qualquer risco aos envolvidos e garantindo o uso responsável, transparente e anônimo das informações obtidas ao longo do processo investigativo.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esta seção apresenta os resultados obtidos a partir da análise das contribuições dos juízes especialistas, combinando elementos quantitativos e qualitativos, com o objetivo de compreender como os diferentes perfis de participantes avaliaram o modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem com incorporação de técnicas de Inteligência Artificial. As respostas foram organizadas a partir dos quatro critérios estabelecidos pelo método utilizado, a saber: alinhamento com os objetivos do estudo, aderência aos construtos teóricos, clareza da linguagem e expectativa qualitativa. Além dos dados numéricos, foram considerados os comentários abertos registrados pelos participantes, que ofereceram subsídios para a interpretação crítica e a identificação de

sugestões de aprimoramento. A diversidade de experiências e formações dos juízes contribuiu para o aprofundamento da análise, possibilitando uma leitura mais ampla sobre a consistência, aplicabilidade e potencial do modelo proposto.

3.1 PANORAMA GERAL DAS RESPOSTAS

O instrumento de validação foi respondido por doze juízes especialistas, organizados em cinco perfis distintos: professores, especialistas em inteligência artificial, especialistas em dados, gestores educacionais e gestores de sistemas. Essa composição permitiu uma análise diversa e representativa dos diferentes campos que se articulam no modelo conceitual proposto. Todos os participantes avaliaram o modelo a partir dos quatro critérios estabelecidos pelo método Vali Quali, utilizando escalas Likert e questões abertas que possibilitaram a expressão de percepções mais detalhadas.

A Tabela 5 apresenta a média de avaliação atribuída por cada perfil de juiz aos quatro critérios de validação. Observa-se que os critérios com maior média geral foram “Gestão e Monitoramento” e “Personalização da Aprendizagem”, especialmente entre os especialistas técnicos e os gestores educacionais. Por outro lado, os critérios “Clareza da Linguagem” e “Integração de Tecnologias” apresentaram maior variação nas respostas, indicando desafios relacionados à compreensão do modelo e à viabilidade de sua aplicação em contextos diversos.

Tabela 5 – Médias de avaliação por perfil e critério

| Perfil dos Juízes | Alinhamento | Aderência Teórica | Clareza da Linguagem | Expectativa Qualitativa |
|------------------------|-------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| Professores | 2,7 | 2,7 | 2,3 | 3 |
| Especialistas em IA | 4 | 4,5 | 3,5 | 4 |
| Especialistas em Dados | 4 | 4,5 | 3 | 4 |
| Gestores Educacionais | 4,3 | 4 | 3,3 | 4,3 |
| Gestores de Sistemas | 4 | 4 | 3 | 3,5 |
| Média Geral | 3,8 | 3,9 | 3 | 3,8 |

Fonte: Autores (2025).

Esses dados iniciais evidenciam que o modelo conceitual foi bem recebido nos aspectos relacionados à sua fundamentação e aplicabilidade estratégica, mas ainda demanda ajustes no que se refere à linguagem, clareza conceitual e acessibilidade para públicos não técnicos. A avaliação desse critério buscou verificar em que medida o modelo conceitual proposto está em sintonia com os objetivos da pesquisa, especialmente no que diz respeito à integração de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes

Virtuais de Ensino e Aprendizagem. A média geral atribuída ao critério foi de 3,8, indicando boa aceitação, com destaque para os gestores educacionais e os especialistas técnicos, que atribuíram médias superiores a 4,0.

Profissionais da área de gestão destacaram a relevância do modelo para o enfrentamento de desafios institucionais relacionados à organização e ao acompanhamento de processos formativos. Um dos juízes apontou que o modelo “dialoga com as necessidades contemporâneas de inovação nas instituições de ensino, ao propor uma estrutura que articula dados, personalização e monitoramento pedagógico”.

Por outro lado, entre os professores com menor familiaridade tecnológica, foram identificadas dúvidas quanto à aplicabilidade direta do modelo na prática docente. Um dos participantes destacou que “a proposta parece mais adequada a contextos com alta infraestrutura, o que pode limitar sua implementação em redes públicas com poucos recursos”.

As contribuições reforçam que o modelo está bem orientado do ponto de vista conceitual e estratégico, mas exigirá adaptações conforme a realidade de cada instituição e o nível de maturidade tecnológica dos seus usuários. O alinhamento com os objetivos do estudo é reconhecido, especialmente por aqueles que atuam com gestão, dados e tecnologia, enquanto os docentes apontam a necessidade de maior conexão com práticas pedagógicas concretas.

O segundo critério analisado refere-se à coerência do modelo com os fundamentos teóricos que sustentam sua proposição, especialmente no que diz respeito à articulação entre os conceitos de Inteligência Artificial, Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem e práticas pedagógicas inovadoras. A média geral atribuída a este critério foi de 3,9, indicando uma percepção majoritariamente positiva entre os respondentes, com ênfase nas contribuições de especialistas em IA e em análise de dados, que atribuíram as maiores pontuações.

Entre os especialistas técnicos, a aderência teórica foi destacada como um ponto de destaque do modelo. Um dos juízes observou que “a estrutura conceitual está bem fundamentada, com alinhamento adequado às abordagens contemporâneas de uso de IA em contextos educacionais, embora a proposta ainda careça de maior detalhamento técnico em alguns componentes”. Essa avaliação sugere que, embora o modelo esteja em sintonia com a literatura atual, há espaço para ampliar a explicitação dos algoritmos, parâmetros e condições de operação previstos.

Já os juízes com perfil acadêmico em dados ressaltaram a necessidade de

aprofundar a vinculação entre o modelo e teorias educacionais mais consolidadas, especialmente no que se refere ao papel do professor e à mediação pedagógica. Como apontado por um dos participantes, “o modelo apresenta coerência interna, mas requer maior articulação com teorias da aprendizagem e princípios da pedagogia crítica, o que pode limitar sua legitimidade em alguns contextos”.

Em contrapartida, os gestores educacionais consideraram que a proposta apresenta uma boa integração entre fundamentos teóricos e possibilidades práticas. Essa avaliação é reforçada pela percepção de que o modelo está em sintonia com os discursos de inovação pedagógica e transformação digital na educação.

De modo geral, os resultados indicam que o modelo é teoricamente promissor, especialmente no que se refere à integração entre dados, IA e AVEAs, mas poderia se beneficiar de uma explicitação mais ampla dos fundamentos pedagógicos que orientam sua estrutura. Tal aspecto será relevante para fortalecer sua legitimidade entre os profissionais da educação e ampliar suas possibilidades de aplicação.

3.2 CLAREZA DA LINGUAGEM

O critério de clareza da linguagem refere-se à forma como o modelo é apresentado, com foco na acessibilidade do texto, na precisão conceitual e na possibilidade de compreensão por diferentes perfis de usuários. Este foi o critério com menor média geral entre os quatro analisados, atingindo 3,0, o que indica avaliações mais divergentes e sugestões significativas de aprimoramento.

Entre os professores, especialmente aqueles com menor familiaridade com tecnologia e inovação, a linguagem do modelo foi percebida como técnica. Um dos juízes destacou que “o modelo usa muitos termos técnicos, o que pode dificultar sua apropriação por professores que não têm formação em tecnologia”. Essa percepção reforça a necessidade de versões do modelo com diferentes níveis de detalhamento, adaptadas ao perfil dos leitores e usuários.

Os gestores educacionais também sugeriram ajustes na forma de apresentação, ainda que tenham reconhecido a relevância dos conceitos envolvidos. Um dos participantes recomendou “a inclusão de materiais visuais, como diagramas ou representações esquemáticas, que facilitem a compreensão do fluxo de informações e da atuação dos agentes inteligentes no ambiente virtual”. A ausência de elementos gráficos foi apontada por diferentes perfis como um fator que limita o entendimento do modelo, principalmente em contextos de formação continuada.

Por outro lado, os especialistas técnicos demonstraram maior familiaridade com a terminologia utilizada e consideraram a linguagem adequada para o público especializado. No entanto, mesmo entre esses juízes, houve sugestões para melhorar a legibilidade do texto em seções mais descritivas. Um dos especialistas em IA sugeriu a inclusão de um glossário com os principais termos, como forma de facilitar a leitura por usuários de outras áreas.

As observações reunidas indicam que a clareza da linguagem deve ser um aspecto prioritário na próxima versão do modelo. Isso envolve a revisão da redação e produção de materiais complementares e versões adaptadas, garantindo acessibilidade conceitual para todos os públicos envolvidos na implementação e uso da proposta.

3.3 CONTRIBUIÇÕES E SUGESTÕES DOS JUÍZES

Além das avaliações atribuídas aos critérios do processo de validação, os juízes especialistas apresentaram contribuições qualitativas que reforçam a relevância do modelo e indicam caminhos para seu aprimoramento. As sugestões foram analisadas por meio da técnica de análise de conteúdo, organizadas em categorias temáticas que refletem as principais preocupações, recomendações e proposições dos participantes.

A Tabela 6 apresenta um resumo das categorias emergentes identificadas nas respostas dos juízes, acompanhadas de exemplos de comentários e dos perfis que mais se destacaram em cada eixo. Essa organização permite visualizar como diferentes áreas de atuação priorizam aspectos distintos do modelo, evidenciando as contribuições e a diversidade de olhares presentes na validação.

Tabela 6 – Categorias de sugestões e contribuições por perfil de juiz

| Categoria | Comentários | Perfis |
|-------------------------------|---|--|
| Clareza e linguagem acessível | “A proposta precisa ser mais clara para docentes sem formação técnica.” | Professores, Gestores Educacionais |
| Integração com sistemas | “É importante prever como o modelo se conecta a sistemas existentes (Siga, TOTVS, Moodle).” | Gestores de Sistemas, Especialistas em Dados |
| Visualização e usabilidade | “Seria útil apresentar o modelo com fluxogramas ou painéis ilustrativos.” | Especialistas técnicos, Gestores |

| | | |
|---------------------------------|--|--|
| Fundamentos pedagógicos | “Faltam referências mais explícitas às teorias de aprendizagem.” | Professores, Especialistas em Dados |
| Governança e ética em IA | “O modelo deve prever mecanismos de transparência e controle algorítmico.” | Especialistas em IA, Gestores Educacionais |
| Escalabilidade e aplicabilidade | “É preciso prever diferentes níveis de infraestrutura entre instituições.” | Gestores Educacionais, Professores |
| Formação de usuários | “Sugiro incluir um plano de capacitação para professores e técnicos.” | Professores, Gestores de Sistemas |

Fonte: Autores (2025).

As contribuições demonstram que os juízes analisaram o modelo em termos de sua coerência interna e engajaram em uma leitura crítica e propositiva. Participantes apontaram a necessidade de tornar o modelo mais acessível para públicos diversos, o que reforça a importância de versões adaptadas e materiais de apoio que facilitem sua compreensão e aplicação.

Também foi destacada a importância de garantir que a proposta seja viável em diferentes realidades educacionais, especialmente no que se refere à infraestrutura tecnológica, à formação dos usuários e à capacidade de integração com sistemas já em uso. Tais apontamentos devem ser considerados em futuras versões do modelo e poderão orientar o planejamento de sua implementação progressiva em instituições de ensino.

As observações sobre governança de dados e ética no uso de Inteligência Artificial evidenciam uma preocupação com os impactos das tecnologias educacionais, do ponto de vista funcional, social e institucional. Isso demonstra a maturidade do debate e reforça a necessidade de que modelos educacionais baseados em IA sejam desenvolvidos de forma crítica, responsável e transparente.

3.4 ANÁLISE INTEGRADA POR PERFIL

A variedade de perfis entre os juízes especialistas permitiu uma análise comparativa entre as diferentes formas de percepção sobre o modelo conceitual proposto. Cada grupo analisou a proposta a partir de seus próprios referenciais, o que enriqueceu a interpretação dos dados e revelou pontos de convergência e divergência relevantes para o aprimoramento do modelo. A Tabela 7 sintetiza os principais aspectos destacados por cada perfil, com base nas médias de avaliação e nos comentários registrados nas questões

abertas.

Tabela 7 – Destaques analíticos por perfil de juiz

| Perfil | Foco de valorização | Pontos de atenção |
|------------------------|---|--|
| Professores | Relevância pedagógica, aplicabilidade | Linguagem técnica, infraestrutura limitada |
| Especialistas em IA | Estrutura conceitual, personalização | Ampliação do detalhamento técnico e ético |
| Especialistas em Dados | Gestão por indicadores, monitoramento | Explicitação de modelos preditivos |
| Gestores Educacionais | Alinhamento estratégico, escalabilidade | Barreiras institucionais e inclusão |
| Gestores de Sistemas | Integração tecnológica, viabilidade | Usabilidade e acessibilidade |

Fonte: Autores (2025).

A análise integrada indica que os professores valorizaram aspectos relacionados à aplicabilidade do modelo em contextos de ensino real, mas apontaram dificuldades na compreensão de alguns termos e na clareza da proposta. Já os especialistas em IA e dados observaram com mais atenção a estrutura interna e a coerência técnica do modelo, apontando sugestões de refinamento quanto à fundamentação teórica e às práticas de governança algorítmica.

Por sua vez, os gestores educacionais destacaram o potencial estratégico da proposta para o planejamento e acompanhamento institucional, mas demonstraram preocupação com a viabilidade de implementação em redes públicas ou instituições com baixa maturidade digital. A ênfase na formação continuada de professores e equipes técnicas também foi recorrente nesse grupo.

Os gestores de sistemas, por fim, concentraram suas contribuições nas possibilidades de integração do modelo com ambientes já existentes e na necessidade de pensar a acessibilidade desde o início do desenvolvimento. A clareza dos requisitos técnicos, a adoção de padrões abertos e a previsão de suporte contínuo foram apontados como elementos-chave para a efetividade do modelo.

Essa leitura comparativa reforça a importância de considerar múltiplas perspectivas na validação de propostas educacionais baseadas em tecnologia, especialmente quando envolvem soluções que pretendem ser amplamente aplicáveis. O reconhecimento de diferentes níveis de familiaridade, linguagem e expectativas entre os

perfis contribui para o desenvolvimento de versões mais flexíveis, acessíveis e responsivas às necessidades institucionais e pedagógicas.

3.5 IMPLICAÇÕES PARA O MODELO CONCEITUAL

Os resultados apresentados ao longo desta seção revelam que o modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem com técnicas de Inteligência Artificial foi, de maneira geral, bem recebido pelos juízes especialistas, especialmente nos aspectos relacionados à gestão por dados, personalização da aprendizagem e alinhamento com demandas institucionais. No entanto, também foram identificados elementos que demandam aprimoramento, tanto na forma de apresentação quanto na estrutura teórica e técnica da proposta.

As avaliações indicaram que a proposta é percebida como coerente e promissora pelos especialistas em IA, dados e gestão, sugerindo que sua arquitetura está em sintonia com as tendências atuais de uso da tecnologia na educação. A presença de pilares como monitoramento, interatividade e integração tecnológica foi considerada um diferencial positivo. No entanto, a necessidade de maior detalhamento técnico em certos pontos do modelo foi recorrente nas análises dos juízes com formação mais especializada, principalmente no que diz respeito ao funcionamento dos algoritmos e à governança dos dados utilizados.

Por outro lado, os professores e gestores com menor familiaridade com tecnologia indicaram limitações relacionadas à linguagem, acessibilidade e clareza conceitual do modelo. Esse achado reforça a importância de discutir sobre versões diferenciadas da proposta, adaptadas a públicos diversos, bem como de investir em materiais complementares como, vídeos tutoriais e trilhas formativas.

A análise integrada também revelou a importância de considerar as condições institucionais para implementação do modelo, especialmente em relação à infraestrutura tecnológica, à formação de equipes e à integração com sistemas já em funcionamento. A proposta, embora conceitualmente promissora, depende de fatores contextuais para ser aplicada de forma efetiva.

Diante disso, algumas implicações para o aprimoramento do modelo conceitual envolvem a revisão e simplificação da linguagem utilizada, com foco na clareza e acessibilidade; a explicitação mais detalhada dos fundamentos pedagógicos e das referências teóricas adotadas; a previsão de estratégias de formação continuada para diferentes perfis de usuários; a elaboração novos materiais visuais que facilitem a

compreensão e o uso do modelo; a consideração da diversidade institucional como fator determinante para a adaptação da proposta; e a incorporação de mecanismos de governança ética voltados ao uso da Inteligência Artificial em ambientes educacionais.

Esses aspectos apontam para um modelo em processo de maturação, com potencial para ser utilizado em diferentes contextos, considerando que novas versões sejam mais sensíveis às demandas identificadas nesta validação. A escuta ativa dos juízes especialistas fortaleceu a proposta, orienta ajustes e reafirma o compromisso com uma abordagem crítica, ética e fundamentada para o uso de tecnologias digitais na educação.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo validar um modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem com incorporação de técnicas de Inteligência Artificial, a partir da análise crítica de especialistas de diferentes áreas relacionadas à educação, tecnologia e inovação. A proposta aqui avaliada representa uma etapa de uma investigação voltada à compreensão de como tecnologias emergentes podem ser integradas aos processos formativos mediados digitalmente.

A validação foi conduzida com base no método Vali Quali, que combina análise qualitativa e quantitativa a partir do julgamento de juízes especialistas, considerando quatro critérios: alinhamento com os objetivos do estudo, aderência aos construtos teóricos, clareza da linguagem e expectativa qualitativa. O processo envolveu a participação de doze especialistas, com perfis diversos e experiências complementares, permitindo uma leitura multidimensional da proposta. A coleta de dados foi realizada por meio de instrumento estruturado, com escalas de avaliação e questões abertas, promovendo uma análise aprofundada e colaborativa.

Os resultados obtidos indicam que o modelo conceitual apresenta bom nível de consistência e aplicabilidade, sendo especialmente valorizado nos critérios de gestão, personalização da aprendizagem e integração de tecnologias. Especialistas em dados e em IA destacaram a robustez da estrutura proposta, especialmente quanto à coleta, tratamento e uso de dados educacionais para fins de diagnóstico, intervenção e planejamento. Gestores educacionais, por sua vez, enfatizaram o potencial do modelo para apoiar decisões estratégicas, promover inovação institucional e enfrentar desafios como evasão, engajamento e acompanhamento de desempenho.

Por outro lado, foram identificados pontos que demandam aprimoramento, sobretudo nos critérios de clareza da linguagem e acessibilidade conceitual. Professores

e gestores com menor familiaridade tecnológica relataram dificuldades na compreensão de alguns trechos do modelo, indicando a necessidade de revisão terminológica e da criação de materiais complementares, como infográficos, glossários e versões adaptadas para públicos diversos. Essas observações reforçam que a eficácia de um modelo conceitual reside na sua estrutura técnica e capacidade de ser compreendido, apropriado e implementado de forma significativa pelos sujeitos envolvidos.

As sugestões apresentadas pelos juízes também apontam caminhos relevantes para o aperfeiçoamento da proposta. Entre as principais recomendações, destacam-se: explicitação mais clara dos fundamentos pedagógicos; ampliação da discussão sobre ética e governança dos dados; previsão de estratégias de formação para professores e técnicos; e atenção à viabilidade de aplicação em contextos com baixa maturidade digital. Essas contribuições demonstram o valor do processo de validação qualitativa como etapa formativa e dialógica, que vai além da verificação e contribui efetivamente para o desenvolvimento do próprio modelo.

Do ponto de vista prático, o modelo validado representa uma contribuição que pode ser qualificada como relevante para o campo da inovação educacional. Sua estrutura busca articular dados, tecnologias inteligentes e princípios pedagógicos, com vistas à construção de ambientes virtuais mais responsivos, personalizados e orientados por evidências. Instituições de ensino que buscam fortalecer suas estratégias digitais podem encontrar no modelo um referencial útil para planejamento, implementação e avaliação de ações formativas baseadas em tecnologia. Além disso, o modelo pode ser adaptado conforme as especificidades de cada contexto, respeitando a diversidade institucional e os diferentes níveis de infraestrutura, maturidade digital e cultura organizacional.

Embora este artigo tenha se concentrado na etapa de validação conceitual, os resultados obtidos oferecem subsídios para o avanço da proposta em direções práticas e empíricas. A escuta de especialistas permitiu reconhecer a coerência do modelo e outras variáveis que poderão ser fortalecidos por meio de estudos futuros que explorem sua implementação em contextos reais de ensino e aprendizagem. Nesse sentido, a transição para fases aplicadas poderá ampliar o entendimento sobre sua efetividade, adaptabilidade e impacto em diferentes cenários institucionais.

Novos estudos podem dar continuidade a investigação envolvendo o desenvolvimento de protótipos funcionais e a realização de aplicações piloto em instituições de ensino com distintos perfis, permitindo avaliar a aderência do modelo a

realidades diversas e seus efeitos sobre práticas pedagógicas, processos de gestão e experiências dos usuários. Além disso, pode ser estratégico ampliar a escuta para outros atores institucionais, como estudantes, tutores e técnicos, enriquecendo a compreensão sobre os usos e significados atribuídos ao modelo em contextos dinâmicos e colaborativos.

Dessa forma, os resultados deste estudo qualificam a validade conceitual da proposta e projeta seu potencial de contribuição para o fortalecimento de práticas educacionais mediadas por tecnologia. O modelo validado constitui um referencial estruturado, porém flexível, capaz de orientar o uso ético, pedagógico e estratégico da Inteligência Artificial na educação. Seu desenvolvimento contínuo, sustentado por evidências e experiências práticas, poderá colaborar com a construção de ambientes virtuais mais responsivos, inclusivos e orientados por dados, em sintonia com os desafios contemporâneos da aprendizagem digital.

REFERÊNCIAS:

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2011.

BRASIL. Ministério da Saúde. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 510, de 7 de abril de 2016. Dispõe sobre as normas aplicáveis a pesquisas em Ciências Humanas e Sociais**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 98, p. 44, 24 maio 2016. Acesso em: 20 fev. 2025.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HAYASHI, C. R. M. **Validação por juízes: uma proposta de análise utilizando a triangulação de técnicas**. Revista Brasileira de Qualidade de Vida, Ponta Grossa, v. 3, n. 2, p. 26–34, 2011. Acesso em: 19 dez. 2024.

MORAN, J. M. **Metodologias ativas para uma educação inovadora**. Campinas: Papirus, 2015. Disponível em: https://www2.eca.usp.br/moran/wp-content/uploads/2013/12/MetodologiasAtivas_JMoran.pdf. Acesso em: 22 jan. 2025.

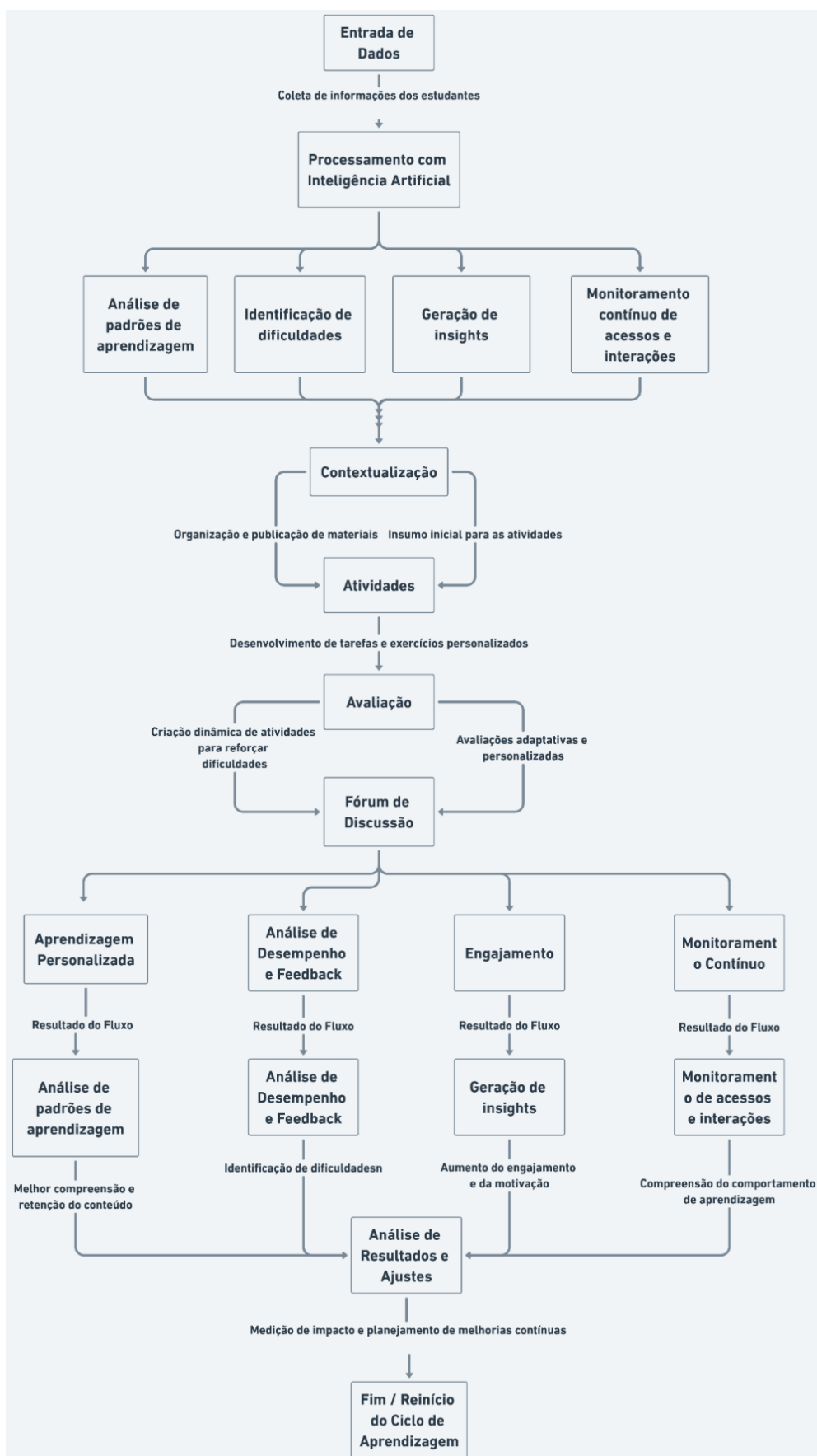
PASQUALI, L. **Instrumentação psicológica: fundamentos e práticas**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

ROCHA, Eliane Cristina de Freitas. **Ética em pesquisas com seres humanos na área da educação: pressupostos, exigências e dilemas**. Revista Brasileira de Educação, v.

26, e268174, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-24782021260044>.

TORLIG, A. M. A.; MACHADO, L. C.; SANTOS, C. A. dos. **Proposta de validação para instrumentos de pesquisa qualitativa: método Vali-Quali**. *Revista de Administração, Educação e Pessoas – RAEP*, v. 23, n. 1, p. 1–21, 2022. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/raep/article/view/20436>. Acesso em: 20 fev. 2025.

APÊNDICE A - MODELO CONCEITUAL DE AVEA COM IA



Fonte: Autores(2025).

APÊNDICE B - INSTRUMENTO DE COLETA

Você está sendo convidado(a) a participar de uma pesquisa acadêmica cujo objetivo é validar um modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) com incorporação de técnicas de Inteligência Artificial. Esse modelo foi desenvolvido a partir de uma revisão sistemática da literatura e de estudos conceituais prévios, e será agora avaliado por especialistas nas áreas de educação, tecnologia e gestão educacional.

Sua participação consiste no preenchimento deste formulário eletrônico, organizado em duas partes:

- **Parte 1:** coleta informações sobre seu perfil profissional e acadêmico;
- **Parte 2:** apresenta questões avaliativas sobre o modelo, com base em critérios previamente definidos.

A pesquisa não envolve a coleta de dados sensíveis ou identificáveis. Todas as respostas são anônimas e analisadas de forma agrupada, não sendo possível identificar individualmente os participantes. Os dados serão utilizados exclusivamente para fins acadêmicos, contribuindo para o aperfeiçoamento do modelo e o avanço das pesquisas em inovação educacional.

Conforme estabelece a Resolução nº 510/2016, do Conselho Nacional de Saúde, esta pesquisa está dispensada de apreciação pelo Comitê de Ética em Pesquisa, uma vez que não envolve intervenção direta com os participantes, tampouco utiliza dados pessoais ou sensíveis.

A participação é voluntária, e o(a) participante poderá desistir a qualquer momento, sem qualquer prejuízo. Ao marcar a opção abaixo, você declara estar ciente dos objetivos da pesquisa e concorda em participar livremente.

PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DO RESPONDENTE

1. Li as informações acima e concordo em participar voluntariamente da pesquisa.
() Sim () Não

Observação: caso a resposta seja não, o formulário é encerrado. Em caso de resposta positiva, segue para a próxima questão.

2. Formação acadêmica
☐ Graduação ☐ Especialização ☐ Mestrado ☐ Doutorado
3. Tempo de experiência profissional na área
☐ Até 5 anos ☐ Entre 5 e 10 anos ☐ Mais de 10 anos
4. Já atuou com Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem (AVEAs)?
☐ Sim ☐ Não
5. Já utilizou ou acompanhou o uso de técnicas de Inteligência Artificial na educação?
☐ Sim ☐ Não
6. Área de atuação principal
☐ Educação
☐ Inteligência Artificial
☐ Análise de Dados
☐ Gestão Educacional
☐ Gestão de Sistemas

PARTE 2 – AVALIAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL

Instruções:

As próximas perguntas referem-se ao modelo conceitual apresentado. Para cada questão, utilize a escala de Likert de 5 pontos:

1 – Totalmente insatisfatório 2 – Insatisfatório 3 – Regular 4 – Satisfatório 5 – Totalmente satisfatório

Questões gerais (todos os perfis)

1. O modelo conceitual está alinhado aos objetivos educacionais que se propõe a atender?
2. Os fundamentos teóricos utilizados no modelo são adequados e consistentes?
3. A linguagem e a estrutura do modelo são compreensíveis e acessíveis?
4. O modelo apresenta potencial de aplicação prática em instituições educacionais?
5. O modelo respeita princípios éticos no uso de dados e tecnologias educacionais?

Questões específicas por perfil

Perfil: Professor

1. O modelo proposto promove comunicação eficaz e interatividade com os estudantes?

2. As estratégias sugeridas contribuem para personalização da aprendizagem?
3. A linguagem utilizada é adequada ao contexto pedagógico?
4. O modelo é aplicável à sua prática docente?
5. Como o modelo pode apoiar a mediação do professor no ensino híbrido ou a distância?

Perfil: Especialista em Inteligência Artificial

1. O modelo fundamenta-se em conceitos robustos de IA e aprendizagem de máquina?
2. As técnicas de IA propostas são apropriadas para personalização da aprendizagem?
3. Existe coerência entre os objetivos educacionais e as aplicações de IA sugeridas?
4. O modelo prevê princípios éticos no uso de IA na educação?
5. Existem oportunidades de aprimoramento tecnológico no modelo apresentado?

Perfil: Especialista em Análise de Dados

1. O modelo propõe estratégias eficientes para coleta e análise de dados educacionais?
2. As métricas e indicadores sugeridos são apropriados para fins educacionais?
3. O uso de dados está alinhado aos objetivos pedagógicos do modelo?
4. Existem aspectos técnicos que poderiam ser aprimorados na gestão e monitoramento de dados?
5. O modelo favorece práticas de governança de dados e segurança da informação?

Perfil: Gestor Educacional

1. O modelo contribui para a gestão institucional e a tomada de decisão educacional?
2. As estratégias propostas apoiam a personalização e monitoramento da aprendizagem?
3. O modelo pode ser aplicado em diferentes contextos institucionais?
4. As ações sugeridas são compatíveis com políticas educacionais e práticas de gestão?
5. O modelo considera a diversidade e inclusão no contexto educacional?

Perfil: Gestor de Sistemas

1. O modelo é compatível com as tecnologias e plataformas educacionais existentes?

2. As especificações técnicas são claras e viáveis para implementação?
3. O modelo prevê estratégias de usabilidade e acessibilidade?
4. Existem aspectos técnicos que podem ser aprimorados para integração de sistemas?
5. O modelo favorece a manutenção, escalabilidade e segurança das soluções propostas?

APÊNDICE C - RESPOSTAS DOS JUÍZES ESPECIALISTAS

Este apêndice apresenta as respostas completas fornecidas pelos juízes especialistas que participaram da validação qualitativa do modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem (AVEA) com Técnicas de Inteligência Artificial (IA). O processo de coleta de dados seguiu os critérios estabelecidos na metodologia do estudo e foi conduzido de forma anonimizada, respeitando os princípios éticos descritos na seção 2.6. As respostas estão organizadas por juiz (J01 a J12), contendo:

- Parte 1 – Informações Preliminares (perfil)
- Parte 2 – Avaliação do Modelo Conceitual por Pilar

Nota: As respostas foram coletadas em formulário digital. A escala Likert utilizada variou de 1 (Totalmente insatisfatório) a 5 (Totalmente satisfatório). Comentários qualitativos foram incluídos quando fornecidos pelos juízes.

PARTE 1 – CARACTERIZAÇÃO DOS JUÍZES (RESUMO)

| Juiz | Perfil | Formação | Tempo de experiência | Experiência com AVEA | Experiência com IA na Educação |
|------|-----------------------|-----------|----------------------|----------------------|--------------------------------|
| J01 | Professor | Mestrado | > 10 anos | Sim | Não |
| J02 | Professor | Mestrado | > 10 anos | Sim | Não |
| J03 | Professor | Doutorado | 5-10 anos | Sim | Sim |
| J04 | Especialista IA | Doutorado | > 10 anos | Sim | Sim |
| J05 | Especialista IA | Doutorado | > 10 anos | Sim | Sim |
| J06 | Especialista em Dados | Mestrado | 5-10 anos | Sim | Sim |

| | | | | | |
|-----|-----------------------|----------------|-----------|-----|-----|
| J07 | Especialista em Dados | Doutorado | > 10 anos | Sim | Sim |
| J08 | Gestor Educacional | Doutorado | > 10 anos | Sim | Sim |
| J09 | Gestor Educacional | Especialização | > 10 anos | Sim | Não |
| J10 | Gestor Educacional | Mestrado | > 10 anos | Sim | Sim |
| J11 | Gestor de Sistemas | Especialização | > 10 anos | Sim | Sim |
| J12 | Gestor de Sistemas | Mestrado | > 10 anos | Sim | Sim |

PARTE 2 – AVALIAÇÃO DO MODELO CONCEITUAL POR PILAR (RESUMO)

| Juiz | Pilar 1 | Pilar 2 | Pilar 3 | Pilar 4 | Pilar 5 |
|------|---------|---------|---------|---------|---------|
| J01 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| J02 | 2 | 2 | 3 | 1 | 2 |
| J03 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 |
| J04 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| J05 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 |
| J06 | 4 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| J07 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| J08 | 4 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| J09 | 3 | 2 | 4 | 2 | 3 |
| J10 | 3 | 4 | 5 | 4 | 3 |
| J11 | 3 | 4 | 5 | 5 | 3 |
| J12 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 |

Legenda: Pilar 1 – Interatividade e Comunicação Pilar 2 – Personalização da Aprendizagem Pilar 3 – Gestão e Monitoramento Pilar 4 – Integração de Tecnologias Pilar 5 – Usabilidade e Acessibilidade

Nota adicional: Os comentários qualitativos completos de cada juiz encontram-se arquivados e foram analisados de acordo com a metodologia descrita na seção 2.5 do artigo.

CAPÍTULO 6 - DISCUSSÃO INTEGRADA DOS RESULTADOS

A presente seção tem como objetivo integrar analiticamente os resultados obtidos ao longo das etapas que compõem esta tese, estabelecendo conexões entre os procedimentos realizados, os produtos gerados e os objetivos definidos. Essa integração busca evidenciar como as decisões metodológicas, os referenciais teóricos mobilizados e os achados empíricos contribuíram para a formulação do modelo conceitual proposto. O foco está em explicitar a progressão do percurso investigativo e sua coerência com a pergunta de pesquisa, os objetivos gerais e específicos e a estrutura adotada no formato multipaper.

Ao reunir os três artigos desenvolvidos, esta discussão também visa apresentar a resposta construída ao problema de pesquisa, com base na análise articulada das dimensões teóricas e funcionais que sustentam o modelo conceitual de Ambiente Virtual de Ensino e Aprendizagem com integração de técnicas de Inteligência Artificial. Além disso, são discutidas as implicações teóricas e práticas da proposta, considerando sua aplicabilidade em diferentes contextos formativos, suas contribuições ao campo da Educação e das Tecnologias Digitais e as possibilidades de aprofundamento em estudos futuros.

6.1 ARTICULAÇÃO ENTRE AS ETAPAS DA PESQUISA

A organização da tese em formato multipaper permitiu estruturar o percurso metodológico da pesquisa em três etapas sequenciais e interdependentes, articuladas em torno de um mesmo objeto de investigação. Cada etapa foi desenvolvida com base em procedimentos específicos, orientados por objetivos definidos previamente, e resultou em um produto que subsidiou o desenvolvimento da etapa seguinte. Essa organização viabilizou a construção progressiva do modelo conceitual, com base em fundamentos teóricos, evidências empíricas e validação técnica.

A primeira etapa consistiu na realização de uma revisão sistemática da literatura, cujo objetivo foi identificar o estado do conhecimento sobre a aplicação de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. A análise dos estudos selecionados permitiu mapear abordagens, desafios e lacunas, com

destaque para a ausência de modelos estruturados que articulem fundamentos pedagógicos e tecnológicos. Os resultados dessa etapa forneceram as bases conceituais e funcionais utilizadas na fase seguinte da pesquisa.

Na segunda etapa, os dados e categorias extraídas da revisão sistemática foram utilizados na formulação do modelo conceitual. A construção foi orientada pela abordagem *Design Science Research*, que organiza a elaboração de artefatos a partir da identificação de problemas e da definição de soluções fundamentadas. O modelo proposto foi estruturado em quatro dimensões funcionais, personalização, engajamento, monitoramento e análise de desempenho, e representado por meio de componentes inter-relacionados, com base em descritores técnicos e pedagógicos.

A terceira etapa correspondeu à validação do modelo conceitual, conduzida com especialistas das áreas de educação e tecnologia. Essa fase teve como objetivo analisar a clareza, aplicabilidade, consistência interna e aderência do modelo aos critérios definidos nas etapas anteriores. As contribuições obtidas permitiram revisar aspectos conceituais e descritivos do modelo, resultando em ajustes pontuais. Com isso, concluiu-se um ciclo de investigação orientado à identificação de lacunas, proposição fundamentada e análise crítica de uma estrutura conceitual aplicável ao campo da Educação mediada por tecnologias digitais.

6.2 RESPOSTA À QUESTÃO DE PESQUISA

A pergunta que orientou esta tese foi formulada a partir das lacunas observadas na literatura e da necessidade de integrar fundamentos pedagógicos e tecnológicos em uma estrutura que apoie o uso da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. O questionamento central foi: como um modelo conceitual pode estruturar a integração de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem para agregar valor ao processo de ensino e aprendizagem, potencializando a interação entre os seus agentes?

A revisão sistemática realizada na primeira etapa da pesquisa evidenciou que, embora haja diversidade de aplicações da IA no contexto educacional, predomina uma fragmentação entre os aspectos técnicos e os referenciais pedagógicos (Zawacki-Richter et al., 2019; Belda-Medina, 2023). Parte significativa das propostas analisadas apresenta foco em soluções técnicas com ênfase funcional, sem explicitação clara de objetivos formativos, critérios pedagógicos ou papéis definidos para os sujeitos envolvidos nos processos educativos. Essa constatação reforçou a necessidade de um modelo que

integrasse diferentes dimensões do processo de ensino e aprendizagem, de modo a sustentar o uso da IA de forma orientada, contextualizada e passível de adaptação a distintos cenários formativos.

A resposta construída ao longo da tese está expressa no modelo conceitual desenvolvido, que estrutura a integração da IA em AVEAs por meio de quatro dimensões principais: personalização, engajamento, monitoramento e análise de desempenho. Essas dimensões emergem do diálogo entre os achados da revisão, as contribuições da literatura e a análise de potencialidades técnicas alinhadas aos princípios pedagógicos. A construção do modelo considerou ainda a recomendação de autores como Pingmuang et al. (2024) e Dillenbourg (2013), que destacam a importância de estruturar propostas com base em componentes funcionais claros e ancoragem teórica consistente, especialmente quando aplicadas a ambientes digitais de aprendizagem mediados por sistemas inteligentes.

O modelo proposto oferece, assim, uma resposta à questão de pesquisa ao reunir, em uma estrutura conceitual, elementos que orientam a integração da Inteligência Artificial nos AVEAs de forma fundamentada. Essa estrutura não se limita à descrição de funcionalidades, mas propõe a articulação entre papéis dos agentes, objetivos formativos, critérios de acompanhamento e funções tecnológicas. A proposta contribui para suprir lacunas identificadas na literatura e oferece subsídios para formulações pedagógicas, técnicas e metodológicas voltadas à qualificação do uso da IA em contextos educacionais.

6.3 RESPOSTA À QUESTÃO DE PESQUISA

A pergunta que orientou esta tese surgiu da constatação de lacunas no campo da aplicação da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem, especialmente quanto à ausência de modelos que articulem fundamentos educacionais e componentes técnicos em estruturas organizadas e aplicáveis a diferentes contextos formativos. A questão formulada foi: como um modelo conceitual pode estruturar a integração de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem para agregar valor ao processo de ensino e aprendizagem, potencializando a interação entre os seus agentes?

A resposta foi construída de forma progressiva ao longo das etapas que compõem o percurso metodológico desta tese. A revisão sistemática realizada na primeira etapa permitiu identificar abordagens predominantes na literatura, bem como as

limitações associadas à fragmentação entre os aspectos pedagógicos e tecnológicos. Foram observadas propostas centradas em agentes conversacionais, mecanismos de recomendação e sistemas de feedback automatizado (Chen et al., 2020; Pingmuang et al., 2024), com foco no desempenho técnico ou na usabilidade das ferramentas, mas sem ancoragem explícita em referenciais educacionais. Essas constatações fundamentaram a decisão de desenvolver um modelo que integrasse dimensões funcionais alinhadas a objetivos formativos e à mediação entre sujeitos, práticas e tecnologias.

A segunda etapa da pesquisa teve como foco a construção do modelo conceitual, estruturado a partir de quatro dimensões principais: personalização, engajamento, monitoramento e análise de desempenho. Essas dimensões foram definidas com base nos dados extraídos da literatura e organizadas em componentes que descrevem processos, funções e possibilidades de integração da IA aos AVEAs. Essa estrutura busca responder à questão da pesquisa ao oferecer um referencial que ultrapassa a descrição de ferramentas e propõe uma organização funcional fundamentada nos papéis dos agentes e nos objetivos do processo de ensino e aprendizagem.

Autores como Dillenbourg (2013) e Zawacki-Richter et al. (2019) destacam que a introdução da Inteligência Artificial no campo educacional demanda propostas que considerem, simultaneamente, os recursos computacionais, as intenções pedagógicas e os contextos institucionais em que essas tecnologias serão aplicadas. Nesse sentido, o modelo desenvolvido nesta tese foi concebido como uma estrutura capaz de orientar projetos, pesquisas e iniciativas voltadas à integração da IA em ambientes digitais de aprendizagem, ancorada em fundamentos teóricos e organizada por dimensões observáveis.

A etapa de validação, conduzida com especialistas da área, contribuiu para examinar a consistência do modelo em relação à clareza de seus componentes, à aplicabilidade em diferentes cenários e à adequação às exigências do campo educacional. As contribuições recebidas permitiram ajustes pontuais e reforçaram a coerência da proposta com os critérios inicialmente definidos. Com isso, a tese responde à sua questão central ao apresentar um modelo que organiza, de forma estruturada e fundamentada, os elementos que orientam a integração da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem, alinhando práticas pedagógicas, funções técnicas e objetivos formativos.

6.4 IMPLICAÇÕES TEÓRICAS DA PROPOSTA

A formulação do modelo conceitual desenvolvido nesta tese apresenta implicações teóricas relevantes para o campo da Educação mediada por tecnologias digitais, especialmente no que diz respeito à integração da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. A organização do modelo por dimensões funcionais oferece uma estrutura que sistematiza elementos frequentemente tratados de forma isolada na literatura, contribuindo para o avanço das discussões sobre a constituição de modelos aplicáveis à mediação educacional em contextos digitais.

Ao estruturar essas dimensões com base na análise da produção científica e na revisão sistemática realizada, a proposta contribui para a consolidação de referenciais que orientam o desenho de sistemas educacionais com incorporação de IA. Estudos como os de Zawacki-Richter et al. (2019) e Holmes et al. (2022) indicam que a ausência de modelos conceituais articulados representa uma limitação para o desenvolvimento de aplicações educativas com base em Inteligência Artificial. Nesse sentido, o modelo apresentado responde a essa lacuna ao propor uma organização que considera simultaneamente os agentes envolvidos, os objetivos formativos, as funções atribuídas à IA e os parâmetros de acompanhamento do processo de aprendizagem.

A construção do modelo também propicia a articulação entre categorias teóricas oriundas da área da educação e categorias técnicas presentes nos estudos sobre computação aplicada à aprendizagem. Essa aproximação permite ampliar o escopo de análise e oferece subsídios para o aprofundamento de investigações interdisciplinares sobre a utilização da IA em processos educativos mediados por plataformas digitais. Trabalhos como os de Dillenbourg (2013) e Luckin et al. (2016) destacam a importância de propostas que promovam essa articulação entre campos, superando visões estritamente tecnológicas ou pedagógicas. A proposta aqui desenvolvida se insere nesse esforço ao apresentar um modelo passível de análise, adaptação e desdobramentos teóricos.

A organização conceitual do modelo, expressa por meio de dimensões e componentes funcionalmente definidos, oferece um referencial que pode ser utilizado tanto para fundamentar análises críticas sobre o uso da IA em ambientes educacionais quanto para orientar novos projetos de pesquisa, desenvolvimento e avaliação. Nesse sentido, a proposta se configura como uma contribuição teórica voltada à construção de um vocabulário conceitual comum entre pesquisadores das áreas de educação e tecnologia, favorecendo o aprofundamento de estudos que considerem as múltiplas dimensões do processo formativo mediado por sistemas inteligentes.

6.5 IMPLICAÇÕES PRÁTICAS DA PROPOSTA

O modelo conceitual desenvolvido nesta tese apresenta implicações práticas que podem contribuir para o planejamento, o desenvolvimento e a implementação de Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com incorporação de técnicas de Inteligência Artificial. Sua estrutura, baseada em dimensões funcionais organizadas por componentes, oferece subsídios para a elaboração de propostas que considerem a complexidade dos processos educativos mediados por tecnologias digitais, articulando funções técnicas a objetivos formativos e papéis pedagógicos definidos.

A dimensão da personalização, por exemplo, permite orientar decisões relacionadas à adaptação de conteúdos, à definição de trajetórias de aprendizagem e à seleção de estratégias que considerem características individuais dos estudantes. Essa organização pode apoiar equipes pedagógicas e técnicas na identificação de pontos de entrada para a aplicação da IA em atividades educacionais, bem como no planejamento de funcionalidades específicas voltadas à diversificação das experiências de aprendizagem.

A dimensão do engajamento fornece elementos que podem ser utilizados na formulação de estratégias de interação e participação dos sujeitos nos ambientes virtuais. Considerando que o envolvimento ativo dos estudantes é reconhecido como um fator relevante para a permanência e para o aproveitamento acadêmico em contextos digitais, o modelo pode auxiliar no desenho de funcionalidades que busquem promover a presença social, o diálogo e a coautoria, em consonância com os objetivos da proposta formativa.

Na dimensão do monitoramento, o modelo propõe a utilização da IA para o acompanhamento dos processos formativos em tempo real, a partir da análise de dados gerados pela navegação, pelas interações e pelas produções dos estudantes. Essa organização pode apoiar a formulação de instrumentos que favoreçam a atuação docente em tempo hábil, fornecendo subsídios para intervenções pedagógicas orientadas por evidências e baseadas em critérios previamente definidos.

A dimensão da análise de desempenho, por sua vez, estrutura o uso da IA para identificar padrões, sintetizar indicadores e apoiar a avaliação de resultados em diferentes níveis. Essa funcionalidade pode ser aplicada a processos de acompanhamento institucional, diagnóstico de turmas, revisão de estratégias didáticas e tomada de decisão por parte de gestores, coordenadores ou desenvolvedores de sistemas. O modelo fornece categorias que orientam essas ações, sem substituir os processos avaliativos, mas

oferecendo suporte à análise.

O caráter conceitual da proposta também favorece sua utilização em projetos institucionais voltados à inovação pedagógica, ao desenvolvimento de plataformas educacionais ou à integração de recursos tecnológicos em cursos e programas de formação. Ao delimitar dimensões funcionais e propor uma estrutura organizada, o modelo pode servir como referencial para equipes interdisciplinares envolvidas em processos de planejamento educacional e tecnológico, colaborando com a definição de requisitos, funcionalidades e indicadores de qualidade.

Além disso, o modelo pode ser utilizado em processos de formação de professores e profissionais da educação, como recurso para a compreensão das possibilidades e limitações da Inteligência Artificial em contextos educacionais. Sua estrutura permite ser mobilizada em situações de análise crítica, planejamento colaborativo ou avaliação de propostas pedagógicas, contribuindo para o desenvolvimento de competências voltadas ao uso consciente e fundamentado das tecnologias digitais na educação.

6.6 LIMITES DA PESQUISA

O desenvolvimento do modelo conceitual apresentado nesta tese ocorreu a partir de um percurso metodológico delineado por etapas específicas, estruturadas para atender aos objetivos da investigação. Ainda que o desenho tenha possibilitado a construção progressiva do objeto de estudo, alguns limites devem ser reconhecidos no que se refere às escolhas metodológicas, à abrangência do escopo empírico e às possibilidades de generalização da proposta.

A revisão sistemática realizada seguiu critérios definidos previamente, com recorte temporal, seleção de bases de dados e delimitação de descritores. Embora esses parâmetros tenham garantido rigor e foco à análise, é possível que estudos relevantes não tenham sido contemplados devido à linguagem, à indexação ou às especificidades dos repositórios. Novas revisões, com ampliação de critérios e inclusão de bases adicionais, podem contribuir para o refinamento ou a expansão das categorias estabelecidas.

O modelo conceitual foi desenvolvido a partir de informações extraídas da literatura e de referenciais complementares, com foco na articulação entre dimensões pedagógicas e técnicas. Contudo, a construção não foi acompanhada por processos de cocriação com grupos de usuários ou por ciclos iterativos de aplicação prática em ambientes institucionais. A incorporação de metodologias participativas em pesquisas

futuras pode favorecer a adaptação do modelo a contextos específicos, além de ampliar sua aplicabilidade.

A validação da proposta foi conduzida com especialistas da área, utilizando o método Vali-Quali como referência. Embora essa abordagem tenha permitido a análise qualitativa do modelo e a coleta de sugestões fundamentadas, o número de participantes e a natureza não operacional da validação limitam a observação de aspectos relacionados à implementação prática do modelo em situações reais de ensino e aprendizagem. Estudos que envolvam a aplicação experimental da proposta em cursos ou plataformas podem oferecer novos dados para análise.

Outro aspecto a ser considerado refere-se à abrangência das dimensões que compõem o modelo. As quatro dimensões estruturadas nesta tese foram definidas com base na literatura e nos objetivos da pesquisa, mas não esgotam as possibilidades de organização de modelos conceituais para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com uso de IA. Dimensões como ética, acessibilidade, privacidade e formação docente podem ser exploradas em estudos complementares, conforme a natureza dos contextos e as demandas institucionais.

As possibilidades de aprofundamento incluem a realização de estudos voltados à aplicação do modelo em contextos educacionais diversos, com diferentes perfis de usuários e demandas pedagógicas. Também podem ser exploradas estratégias de operacionalização das dimensões propostas, com desenvolvimento de protótipos, elaboração de requisitos técnicos ou integração com plataformas já existentes. A replicação do modelo em diferentes recortes institucionais pode contribuir para a avaliação de sua adaptabilidade, consistência e potencial de transformação nos processos formativos mediados por tecnologias digitais.

Além dos resultados teóricos e metodológicos obtidos nas três etapas da pesquisa, o desenvolvimento da plataforma *InteliEduca* representa um desdobramento aplicado que traduz o modelo conceitual em uma ferramenta navegável. A plataforma foi construída com o propósito de materializar as dimensões do modelo, personalização, engajamento, monitoramento e análise de desempenho, em uma interface interativa que permite sua exploração por educadores, desenvolvedores e pesquisadores.

Essa etapa de desenvolvimento técnico emergiu como extensão natural da validação do modelo e da demanda identificada junto aos especialistas por ferramentas que viabilizassem a aplicação prática do referencial construído.

CAPÍTULO 7 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente tese teve como objetivo desenvolver um modelo conceitual para Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem com integração de técnicas de Inteligência Artificial, estruturado a partir de fundamentos pedagógicos e parâmetros técnicos identificados na literatura. A organização da pesquisa em formato multipaper permitiu estruturar o percurso investigativo em três etapas complementares: a revisão sistemática da produção científica, a construção do modelo com base nos achados e na literatura especializada e a validação da proposta junto a especialistas da área. Esse encadeamento metodológico possibilitou responder à questão de pesquisa com base em evidências, articulando dimensões conceituais e funcionais em uma estrutura aplicável a diferentes contextos educacionais mediados por tecnologias digitais.

A principal contribuição da pesquisa consiste na proposição de um modelo conceitual que organiza, de forma estruturada, a integração de técnicas de Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem. O modelo oferece subsídios para a formulação de propostas pedagógicas fundamentadas, a definição de funcionalidades técnicas e a análise de processos educativos mediados por sistemas inteligentes. Do ponto de vista teórico, a pesquisa contribui para a sistematização de categorias que articulam aspectos educacionais e computacionais, ampliando o diálogo entre os campos da educação e da tecnologia. Em termos práticos, o modelo pode ser utilizado por equipes pedagógicas, desenvolvedores de plataformas e gestores institucionais no planejamento, na implementação e na avaliação de soluções educacionais com base em parâmetros funcionais. A metodologia adotada também representa uma contribuição, ao integrar revisão sistemática, construção conceitual orientada por *Design Science Research* e validação com especialistas.

Como desdobramento dessa pesquisa, desenvolveu-se a plataforma web *InteliEduca*, concebida após a finalização dos artigos. Essa plataforma materializa o modelo conceitual ao permitir navegação interativa pelas quatro dimensões (personalização, engajamento, monitoramento e análise de desempenho), oferecendo exemplos de funcionalidades e possibilitando a compreensão integrada da estrutura proposta. Embora sua implementação não tenha sido objeto de validação empírica durante a fase de elaboração da tese, a *InteliEduca* reforça o potencial de uso do modelo em contextos reais, servindo como artefato de apoio para disseminação, futuras validações e implementações em ambientes educacionais existentes.

Embora esta tese tenha buscado integrar fundamentos teóricos,

procedimentos metodológicos consistentes e análise crítica para a proposição de um modelo conceitual, é importante reconhecer os limites inerentes ao escopo definido. A delimitação da revisão sistemática por critérios de temporalidade, idioma e bases de dados pode ter restringido o acesso a outras perspectivas relevantes, especialmente aquelas desenvolvidas em contextos institucionais distintos ou em publicações de natureza aplicada. Além disso, a construção do modelo, embora fundamentada em literatura especializada e orientada por abordagens consolidadas como a *Design Science Research*, não incluiu ciclos iterativos de testagem prática em plataformas reais de ensino, o que limita a análise de sua operacionalização em situações educacionais concretas.

Outro aspecto a ser considerado refere-se ao caráter não participativo das etapas de desenvolvimento, uma vez que o modelo foi elaborado com base na literatura e validado por especialistas, mas sem a incorporação direta de docentes, estudantes ou desenvolvedores durante a sua formulação inicial. Essa opção metodológica atendeu aos objetivos da pesquisa, mas restringiu a compreensão de variáveis contextuais, culturais e institucionais que podem influenciar a aplicação do modelo em diferentes cenários formativos. Nesse sentido, estudos futuros poderão empregar abordagens colaborativas ou de co-design para ampliar o potencial de adequação do modelo a realidades específicas, promovendo ajustes baseados na escuta ativa dos sujeitos envolvidos.

As possibilidades de aprofundamento envolvem tanto a exploração empírica da proposta quanto sua ampliação conceitual. Pesquisas que utilizem o modelo em instituições educacionais, programas de formação ou plataformas digitais poderão contribuir com dados sobre sua eficácia, seus limites operacionais e seus efeitos sobre a mediação pedagógica e a trajetória dos estudantes. Do ponto de vista conceitual, podem ser incorporadas novas dimensões que respondam a demandas emergentes, como privacidade de dados, ética algorítmica, acessibilidade e inclusão digital. A articulação entre esses novos eixos e os componentes já estruturados poderá favorecer o aprimoramento contínuo do modelo e sua adaptação a contextos de transformação tecnológica e curricular.

Com base nesse percurso, esta tese propõe uma contribuição à consolidação de referenciais que orientem o uso da Inteligência Artificial em Ambientes Virtuais de Ensino e Aprendizagem, considerando tanto os desafios operacionais quanto os fundamentos pedagógicos que estruturam os processos educativos mediados por tecnologias digitais. Ao organizar dimensões funcionais integradas a partir de categorias identificadas na literatura e validadas por especialistas, o modelo desenvolvido oferece

um ponto de partida para a reflexão, o planejamento e a avaliação de propostas formativas que incorporem sistemas inteligentes em suas dinâmicas. A proposta busca fomentar o diálogo entre os campos da educação e da tecnologia, reconhecendo a complexidade das práticas formativas contemporâneas e a necessidade de abordagens que articulem teoria, técnica e contexto. Nesse sentido, espera-se que o modelo conceitual aqui apresentado possa ser apropriado, analisado, adaptado e ampliado em novas investigações e iniciativas institucionais, contribuindo para o desenvolvimento de soluções que respeitem as especificidades dos sujeitos, das instituições e dos territórios em que se inserem.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. L. V. **Ambientes Virtuais de Aprendizagem**. In: SANTOS, E. (Org.). Educação Online: Cenários, Formação e Questões Didático-Metodológicas. Salvador: EDUFBA, 2011. p. 123-144.
- BELDA-MEDINA, J.; KOKOŠKOVÁ, K. **Enhancing Language Learning Through Chatbots: Analysing University Students' Interaction With Duolingo and ELSA Speak Apps**. Applied Sciences, v. 13, n. 19, p. 10721, 2023.
- KANONT, P.; PHOOMPARNICH, T.; WONGPINUNWATANA, N. **Factors influencing the acceptance of generative artificial intelligence by Thai university students: Integrating UTAUT2 and TAM models**. Education and Information Technologies, v. 29, p. 8189– 8211, 2024.
- KITCHENHAM, B. **Procedures for performing systematic reviews**. Keele University Technical Report TR/SE-0401, 2004.
- PAGE, M. J. et al. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews**. BMJ, v. 372, n. 71, 2021.
- PALOMINO, J. C. S. **Artificial intelligence in virtual learning environments: systematic review**. Campus Virtuales, v. 11, n. 1, p. 171-186, 2022.
- PEFFERS, K. et al. **A Design Science Research Methodology for Information Systems Research**. Journal of Management Information Systems, v. 24, n. 3, p. 45-77, 2007.
- TOPPING, K. J.; KHAN, Z.; BUCHHEISTER, K.; ZAMBRANO, J. **Enhancing peer assessment with artificial intelligence: A review and conceptual framework**. Computers & Education: Artificial Intelligence, v. 8, 100099, 2025.
- VIVIAN, R. et al. **Opportunities and challenges of text mining approaches for analysing students' feedback**. Australasian Journal of Educational Technology, v. 38, n. 1, p. 1-18, 2022.
- ZAWACKI-RICHTER, O.; MARÍN, V. I.; BOND, M.; GOBERNADO-ESTRELLO, F. **Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators?** International Journal of Educational Technology

in *Higher Education*, v. 16, n. 39, 2019.