

# Avaliação da Aprendizagem Adaptativa (*Adaptive Learning*) através do Uso da Inteligência Artificial (IA) na Educação à Distância

## *Adaptive Learning Assessment through the Use of Artificial Intelligence (AI) in Distance Education*

Naiara Lima COSTA<sup>1\*</sup>

Maria Fernanda Sua ROJAS<sup>2</sup>

Marina SCHIMIDT<sup>1</sup>

Juliana da Silva Amaral BRUNO<sup>3</sup>

Ana Lúcia Gabas FERREIRA<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Universidade Estadual Paulista.

<sup>2</sup>Universidade Estadual de Campinas.

<sup>3</sup>Universidade Federal de São Carlos.

<sup>4</sup>Universidade de São Paulo.

\*naiara.costa@unesp.br

**Resumo.** Este estudo teve como objetivo analisar as contribuições de processos de aprendizagem adaptativa mediada por ferramentas de Inteligência Artificial (IA), direcionando o foco em sua potencialidade de aplicação na Educação a Distância (EAD). A investigação foi conduzida por meio de uma Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), com base na metodologia PRISMA, abrangendo publicações entre 2020 e 2024, nas bases *Scopus* e *Web of Science*. Foram selecionados 14 artigos que abordam a integração da IA em ambientes de aprendizagem adaptativa. As tecnologias mais recorrentes nos estudos incluíram *chatbots* e agentes virtuais, destacando benefícios da personalização do ensino e apontando limitações observadas em sua implementação. Os resultados evidenciam que a IA potencializa a personalização do ensino, viabiliza *feedbacks* imediatos e mais individualizados, otimiza o acompanhamento do progresso discente e favorece a adaptação do conteúdo conforme o perfil e desempenho dos alunos. No entanto, os estudos também apontam limitações, como dificuldades em interpretar erros conceituais complexos, além de desafios estruturais, baixo tempo para adaptação curricular e ausência de diretrizes normativas claras. Conclui-se que, apesar dos desafios encontrados na

aplicação de uma tecnologia tão recente, sobrepõe que a integração entre IA e aprendizagem adaptativa na EAD representa uma tendência crescente e promissora.

**Palavras-chave:** Ensino personalizado. *Feedback* individualizado. Educação remota.

**Abstract.** *This study aimed to analyze the contributions of adaptive learning processes mediated by Artificial Intelligence (AI) tools, focusing on their potential application in Distance Education (DE). The investigation was carried out through a Systematic Literature Review (SLR), based on the PRISMA methodology, covering publications from 2020 to 2024 in the Scopus and Web of Science databases. Fourteen articles addressing the integration of AI in adaptive learning environments were selected. The most recurrent technologies in the studies included chatbots and virtual agents, which highlighted the benefits of personalized instruction and pointed out limitations. The results show that AI enhances instructional personalization, enables immediate and more individualized feedback, optimizes the monitoring of student progress, and supports the adaptation of content according to learners' profiles and performance. However, the studies also identified limitations, such as difficulties in interpreting complex conceptual errors, as well as structural challenges, limited time for curricular adaptation, and the absence of clear regulatory guidelines. In conclusion, despite the challenges identified in applying such a recent technology, the findings indicate that the integration of AI and adaptive learning in Distance Education represents a growing and promising trend.*

**Keywords:** *Personalized teaching. Individualized feedback. Remote education.*

Recebido: 27/11/2025

Aceito: 02/03/2026

Editores Responsáveis: Daniel Salvador/ Carmelita Portela/ Daniela Samira

## 1. Introdução

O aprendizado online não é um tema novo na educação, mas ganhou destaque ao ser amplamente adotado durante as medidas de contenção da COVID-19. O termo refere-se a processos formativos conduzidos por meio de plataformas digitais e cursos remotos, que podem substituir ou complementar as aulas presenciais com o objetivo de certificação (Addimando, 2022). A pandemia influenciou significativamente na adesão pelo aprendizado online, que passou de 1,6 milhão de estudantes em 2019 para cerca de 2,9 milhões em 2021. Apesar da flexibilidade atrativa aos estudantes, os desafios persistem em relação à qualidade do ensino e, por isso, o uso de plataformas online e metodologias ativas, surgem com potencialidade na experiência educacional, com limitações ligadas à inclusão digital, bem como à melhoria dos processos de ensino (da Silva e Coutinho, 2024).

O ensino à distância possibilita a organização do processo de aprendizagem online em tempo real. Contudo, no atual cenário, a qualidade da educação está intrinsecamente ligada à transmissão de informações e aos métodos utilizados em sua apresentação, incluindo o uso de elementos de Inteligência Artificial (IA). Além disso, o uso da IA é tido como possível solução para problemas de acompanhamento dos alunos ao longo de seu percurso educacional. Com isso, a necessidade de algoritmos que levem em consideração as particularidades dos alunos tornou-se imprescindível na atualidade, fazendo-se substancial o desenvolvimento de serviços que os implementem e façam uso de elementos de IA dentro do conceito de aprendizagem adaptada às características individuais (Chetyrbok; Shostak; Alimova, 2021).

O termo “Aprendizagem adaptativa” (*Adaptive Learning*, em inglês) com Inteligência Artificial consiste na inserção gradual da IA direcionada à coleta e análise dos dados de aprendizagem de alunos, permitindo traçar perfis e características de aprendizagem individual e, então, ajustar automaticamente o conteúdo, forma e ritmo de ensino consoante às particularidades do discente (Chandrasekaran e Nair, 2024; Wu, 2019). O modelo de aprendizagem adaptativa é esquematizado na Figura 1.

**Figura 1** - Estratégia da aprendizagem adaptativa usando as diferentes ferramentas tecnológicas disponíveis



Fonte: adaptado de Strielkowski *et al.*, 2024.

De acordo com Yufeia *et al.* (2020), gradualmente o acúmulo de dados expande-se e “mais inteligente” a IA se converte, tornando mais precisa a aprendizagem adaptativa. Ainda de acordo com os autores, a metodologia de aprendizagem permite a coleta de dados a qualquer momento, rastreando o progresso dos alunos e disponibilizando pareceres (*feedbacks*) em tempo real.

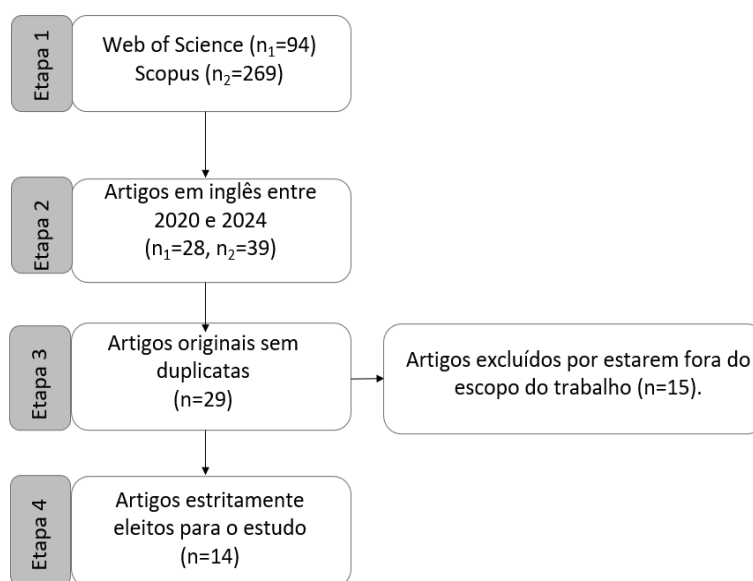
Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi estudar o uso da inteligência artificial (IA) na educação a distância (EaD), com ênfase na aplicação de tecnologias de aprendizagem adaptativa. A pesquisa analisou os impactos dessa tecnologia no processo de ensino-aprendizagem, explorando as inovações que ela promove, suas principais vantagens e desvantagens, além dos desafios enfrentados por educadores e instituições na sua implementação e uso.

## 2. Metodologia

A revisão sistemática permitiu obter um panorama amplo ao revisar, analisar e compendiar pesquisas predominantes sobre uma questão específica, favorecendo análises mais robustas ao reduzir os retornos obtidos da pesquisa e evitar resultados inconclusivos ou de pouca relevância (Martin; Dennen; Bonk, 2023). Simultaneamente, esta análise aprimora a reprodutibilidade, confiabilidade e validade, além de reduzir redundâncias (Zhang e Aslan, 2021). Esta técnica foi empregada na presente análise da literatura sobre a aprendizagem adaptativa aplicada no contexto da inteligência artificial, como ferramenta desenvolvida para a educação virtual. O processo para desenvolver esta revisão seguiu, pelo acrônimo em inglês, o diagrama de trabalho *'Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses'* (PRISMA), o qual permite melhorar pesquisas de revisão sistemática por meio de processos claros de metodologia e apresentação de resultados (Moher *et al.*, 2009).

Foi realizada a procura, extração, afunilamento e avaliação de todos os documentos relevantes de duas bases de dados. A etapa 1 consistiu na identificação de todos os documentos relacionados aos seguintes critérios de busca, em duas bases de dados (Web of Science - WOS e Scopus): *'adaptive AND learning AND virtual AND education AND artificial AND intelligence'*, aplicados ao título, resumo e palavras-chaves. Durante o processo de busca, foram obtidos 363 retornos, incluindo documentos de conferências, revisões, artigos e capítulos de livros. Na etapa 2, os resultados foram refinados utilizando os filtros de intervalo de tempo (2020-2024) e seleção de artigos em inglês, obtendo 68 registros. Na etapa 3, realizou-se a remoção de duplicatas e a verificação da obtenção de artigos originais, totalizando 29 artigos. Ao final, a etapa 4 consiste na avaliação crítica dos títulos e resumos desses documentos, identificando os artigos específicos para o nosso objetivo. Assim, para esta revisão sistemática, foram eleitos 14 artigos, analisando com senso crítico o texto completo (Figura 2).

**Figura 2** - Diagrama de trabalho PRISMA, detalhando as etapas de filtragem realizadas dos registros retornados das plataformas Web of Science e Scopus.



Fonte: Elaborada pelos autores.

### 3. Resultados e Discussão

Foram obtidos um total de 363 retornos por meio da busca em bases de dados eletrônicas. Após a remoção de duplicatas e a revisão de resumos, 29 estudos foram selecionados para avaliação em texto completo. Por fim, 14 estudos atenderam aos critérios de inclusão e foram analisados em detalhe. Os estudos abrangem o uso da aprendizagem adaptativa em ferramentas educativas como linguagens de IA para *chatbots*, desenho e experiências pedagógicas envolvidas com gamificação e realidade virtual. A metade correspondeu a estudos que avaliam o uso de *chatbots* ou algum tipo de linguagem incluso (n=7) e, os demais foram estudos que analisam o uso da IA em diferentes tipos de simulações na aprendizagem (n=7). Adicionalmente, o desempenho destas ferramentas foi avaliado na sua maioria na mediação EAD (n=6), seguido pelo híbrido (n=5) e presencial (n=4) (tabela 1). As siglas e acrônimos, bem como os termos em inglês, são apresentados ao término da tabela em legenda explicativa.

**Tabela 1 - Os 14 artigos publicados entre 2020 e 2024 selecionados por sua contribuição à discussão da aprendizagem adaptativa (*adaptive learning*) integrada com Inteligência Artificial (IA).**

Referência	Alguns objetivos	Plataformas/ Ferramentas/ Tecnologia	Mediação	Área de Ensino	Considerações
<b>Torres-Peña et al. (2024).</b>	Investigar como a interação com um tutor virtual baseado em IA <sup>1</sup> afeta a compreensão dos alunos e como os prompts <sup>2</sup> refinados melhoram a qualidade do feedback <sup>3</sup> .	ChatGPT, MathGPT, Gemini e Wolfram Alpha	Presencial	Bacharelado em matemática	As ferramentas de IA facilitaram a correção de erros, forneceram feedback personalizado e geraram problemas práticos adaptados. No entanto, apresentam limitações na detecção de erros de procedimento no raciocínio matemático.
<b>Tang (2024)</b>	Ensino Internet+ <sup>4</sup> para a integração online e offline da educação comunitária para idosos no contexto de uma cidade inteligente.	SASBPSO <sup>5</sup> algoritmo comparado com os tradicionais (PSCO) <sup>6</sup> : BPSO <sup>7</sup> , SBPSO <sup>8</sup> e DSEBPSO <sup>9</sup>	EAD	Geral	Aprendizagem mais eficiente, estável e adaptada às necessidades dos idosos em contextos de educação comunitária.
<b>Cao et al. (2024)</b>	Compara os efeitos de métodos de inteligência artificial, métodos de realidade virtual e métodos tradicionais de ensino em quatro dimensões da arquitetura.	ChatGPT versão 4.0; Midjourney versão 6.0; SketchUp 2022, Runwayml Gen-3; Sheency Mars 2022; Tilt Brush version 16 e Premiere Pro 2023	Presencial	Arquitetura	A IA se mostrou adequada para tarefas de conceitualização e projeto baseadas em narrativas. O grupo IA se destacou especialmente em pontos atrelados a criatividade. Contudo, foi desfavorecido em áreas como compreensão espacial e estruturas.

Referência	Alguns objetivos	Plataformas/ Ferramentas/ Tecnologias	Mediação	Área de Ensino	Considerações
<b>Howorth et al. (2024)</b>	Melhorar a preparação de professores de educação especial por meio da integração de tecnologias emergentes.	CIDDL <sup>10</sup> Tech Alliance, ferramentas digitais (tecnologia, realidade virtual/aumentada, IA), plataformas de aprendizagem adaptativa, UDL <sup>11</sup> .	Híbrido	Educação Especial	Entre as barreiras identificadas, destacaram-se a baixa literacia digital, a escassez de tempo para reestruturação curricular e a ausência de padrões estaduais definidos.
<b>Dai et al. (2024)</b>	Avaliar os efeitos do uso de agentes virtuais baseados em inteligência artificial (IA) em simulações computacionais na aprendizagem.	Sistemas baseados na web e jogos/simulações em realidade virtual; agentes com IA baseada em regras, módulos e NLP/ML <sup>12,13</sup> .	EAD e Realidade Virtual	Multidisciplinar (matemática, ciências, línguas, medicina e habilidades interpessoais).	Fatores como tempo de intervenção, tipo de IA utilizada e representação dos agentes influenciaram os resultados, destacando a eficácia geral da IA na personalização do ensino, com maior impacto para agentes com texto e representação humana.
<b>Sajja et al. (2024)</b>	Apresentar um 'Assistente Inteligente com IA (AIIA)' para personalizar e adaptar a aprendizagem no ensino superior. Integrar esse sistema a plataformas educacionais para melhorar o engajamento e acompanhamento do progresso acadêmico.	GPT-3.5; "text-davinci-003" variant; modelo GPT-3 model construído no InstructGPT; emprego de outro modelo GPT-3.5, incluindo "gpt-3.5-turbo".	EAD	Geral	O AIIA melhorou a personalização do aprendizado, facilitando o acesso a conteúdo e atividades. Permitiu o acompanhamento detalhado do progresso, identificação de dificuldades e suporte individualizado.
<b>Khasawneh e Khasawneh (2024)</b>	Verificar os efeitos da tecnologia de aprendizagem adaptativa na carga cognitiva em salas de aula de educação especial.	Realidade Virtual (RV), Gamificação e Inteligência Artificial (IA).	EAD	Educação Especial	Necessidade de alinhar as demandas cognitivas das tecnologias de aprendizagem adaptativa, personalizando recursos e metodologias conforme as necessidades individuais. Recomendação para estratégias inclusivas e adaptativas, ampliando as oportunidades para PCD <sup>14</sup> .
Referência	Alguns objetivos	Plataformas/ Ferramentas/ Tecnologias	Mediação	Área de Ensino	Considerações

<b>Chandrasekaran e Nair (2024)</b>	O objetivo principal explorar como o ChatGPT pode transformar a educação por meio de experiências de aprendizagem interativas e personalizadas	ChatGPT	Híbrido	Geral	ChatGPT oferece benefícios significativos para a educação, porém, é essencial uma implementação cuidadosa e ética para maximizar seu potencial e minimizar possíveis riscos.
<b>Sachete; Sant'anna; Gomes, (2024)</b>	Desenvolvimento e avaliação de um protótipo que utiliza modelos de linguagem de grande escala (LLMs <sup>15</sup> ) para criar atividades educacionais adaptativas, tanto em ambientes presenciais quanto virtuais.	Modelos de linguagem de grande escala (LLMs)	Híbrido	Geral	Demonstrou a eficácia da integração entre aprendizado adaptativo e inteligência artificial. Além disso, a avaliação da prova de conceito demonstrou que o protótipo é altamente utilizável, validando a proposta como uma solução inovadora para as necessidades crescentes da educação contemporânea.
<b>Belda-Medina e Kokošková (2023)</b>	Comparar diversos aspectos linguísticos e tecnológicos de quatro <i>Chatbots</i> Integrados a Aplicativos (AICs) e examinar as percepções	Escala CHISM <sup>16</sup> compreendeu três dimensões: Experiência com a Linguagem (LEX) <sup>17</sup> , Experiência com o Design (DEX) <sup>18</sup> e Experiência do Usuário (UEX) <sup>19</sup>	Presencial	Inglês	A interação dos futuros professores com os <i>chatbots</i> educativos foi satisfatória e foram identificados benefícios como facilidade de acesso à informação e rapidez nas respostas durante o aprendizado de línguas. Porém, apontaram limitações relacionadas à empatia dos <i>chatbots</i> e necessidade de melhorias na personalização.
<b>Castellano et al. (2023)</b>	Ferramenta tecnológica para dispositivos móveis, projetada e implementada com funcionalidades que integram sistemas de recomendação, assistente virtual e estratégias de gamificação, direcionado a estudantes de anatomia humana.	Gamificação	Presencial	Biologia /Saúde	Permitiu aplicar o conhecimento de forma eficaz no estudo da anatomia humana.

Referência	Alguns objetivos	Plataformas/ Ferramentas/ Tecnologias	Mediação	Área de Ensino	Considerações
<b>Gao et al. (2022)</b>	Investiga como o uso de "scaffolding argumentativo" <sup>20</sup> — ou seja, intervenções de um agente virtual que estimula a argumentação — afeta a qualidade e a dinâmica de discussões em grupo em ambientes de aprendizagem adaptativos.	O quadro de codificação foi baseado no Modelo de Análise de Interação (IAM) <sup>21</sup> .	Híbrido	Ensino superior	As estratégias argumentativas levaram os participantes a focarem mais nas ideias apresentadas pelo agente virtual, resultando em uma compreensão mais abrangente do tópico discutido. No entanto, apesar desse foco aprimorado, observou-se uma redução nas declarações de opinião e nas interações entre os participantes durante a discussão.
<b>Lee e Yeo (2022)</b>	Desenvolver e avaliar um <i>chatbot</i> com IA para treinar professores em formação no ensino responsivo de matemática, simulando situações com estudantes que apresentam erros conceituais.	IBM Watson Assistant, vídeo incorporado (estudante com erro em frações), <i>chatbot</i> simulado com 'intents' (intenções), respostas sequenciais e emocionais.	EAD	Matemática - Ensino fundamental	O <i>chatbot</i> ajudou professores a praticar estratégias de ensino responsivo simulando interações típicas da sala de aula. Apontou-se a necessidade de aprimorar a personalização das respostas do <i>chatbot</i> e realizar novas pesquisas em contextos reais de ensino.
<b>Ingavélez-Guerra et al. (2022)</b>	Contribuir com uma ferramenta automatizada de apoio à geração de recursos educacionais acessíveis para alunos com algum tipo de deficiência.	Técnicas de inteligência artificial direcionada a descrição de áudios e imagens	EAD	Geral	Observou-se falta de implementação de normas de acessibilidade em recursos educacionais e objetos de aprendizagem, com ênfase especial em imagens, vídeos e seus correspondentes áudios. As informações de estudos quantitativos, qualitativos ou mistos foram insuficientes para determinar o impacto em alunos com deficiência, portanto, há dados inconclusivos sobre a aplicabilidade de recursos

Legenda: <sup>1</sup>IA- Inteligência artificial; <sup>2</sup>Feedback: retorno da informação ou do processo; <sup>3</sup>Prompt: instrução ou comando dado ao sistema de IA; <sup>4</sup>Internet+, no contexto chinês, é a estratégia de integrar a internet com indústrias tradicionais (ou demais setores) para inovação; <sup>5</sup>SBPSO: algoritmo “Sticky Binary Particle Swarm”, em tradução não literal, algoritmo de “Otimização por Enxame de Partículas Binário com Adesão”; <sup>6</sup>PSO (base comum): “Particle Swarm Optimization”, ou algoritmo de “Otimização inspirado no Comportamento Coletivo (enxame)”; <sup>7</sup>BPSO: “Binary Particle Swarm” ou algoritmo de “Otimização por Enxame de Partículas Binário”; <sup>8</sup>SBPSO: algoritmo “Set-Based Particle Swarm Optimization” ou algoritmo de “Otimização por Enxame de Partículas Baseada em Conjuntos”; <sup>9</sup>DSEBPSO: geralmente uma extensão do SBPSO, “Dynamic Search Enhanced Binary Particle Swarm Optimization” ou algoritmo de “Otimização por Enxame de Partículas Binário Aprimorado com Busca Dinâmica”; <sup>10</sup>CIDDL: “Center for Innovation, Design, and Digital Learning” ou Centro de Inovação, Design e Aprendizagem Digital; <sup>11</sup>UDL: “Universal Design for Learning”, em português Desenho Universal para a Aprendizagem; <sup>12</sup>NLP: “Natural Language Processing” ou Processamento de Linguagem Natural; <sup>13</sup>ML: “Machine Learning” ou Aprendizado de Máquina; <sup>14</sup>PCD: Pessoa Com Deficiência; <sup>15</sup>LLMs: “Large Language Models” ou Grandes Modelos de Linguagem; <sup>16</sup>CHISM: “Chatbot-Human Interaction Satisfaction Model” ou Modelo de Satisfação na Interação Chatbot-Humano ; <sup>17</sup>LEX: “Language Experience” ou Experiência de linguagem; <sup>18</sup>DEX: “Design Experience” ou Experiência de Design ; <sup>19</sup>UEX: “User Experience” ou Experiência do Usuário; <sup>20</sup>Scaffolding argumentativo: técnica que fornece suporte estruturado e temporário para ajudar os alunos a desenvolverem habilidades; <sup>21</sup>IAM: “Interaction Analysis Model” ou Modelo de Análise Interativa.

### 3.1. Chatbots e Linguagem de IA

Nos últimos anos, a integração de IA e processamento de linguagem natural impulsionou o desenvolvimento de plataformas de aprendizagem adaptativa mais interativas, fortalecendo a educação a distância. Ferramentas do tipo LLMs, do inglês *Large Language Models*, utilizam sistemas de inteligência artificial avançados que fazem uso de técnicas de aprendizado de máquina para compreender e gerar linguagem natural. São exemplos o ChatGPT, Gemini, Llama e Claude (Torres-Peña *et al.*, 2024).

Sistemas abrangentes, como o VirtualTA, demonstraram sucesso na integração com ambientes virtuais de aprendizagem no ensino superior (Sajja *et al.*, 2024). A implementação possibilitou o desenvolvimento de uma plataforma de aprendizagem interativa capaz de compreender e processar a linguagem, gerar retornos imediatos e delinear trajetórias de aprendizado customizadas para os estudantes.

Torres-Peña *et al.* (2024), avaliaram a integração das ferramentas de inteligência artificial LLMs, ChatGPT, MathGPT, Gemini e Wolfram Alpha para o aprimoramento e compreensão de conceitos de cálculo diferencial. Os “prompts” (instruções fornecidas para a IA) foram desenvolvidos em abordagem colaborativa entre docentes experientes e discentes. Cada modelo de linguagem teve uma contribuição específica no estudo. O ChatGPT foi responsável pela criação de problemas interativos, o MathGPT forneceu explicações detalhadas sobre a resolução de problemas com maior nível de dificuldade e ofertou métodos alternativos, o Gemini foi implementado na decomposição de problemas complexos em etapas reduzidas e gerenciáveis e o Wolfram, em função de habilidades computacionais, forneceu uma ampla gama de problemas matemáticos, elencando o grau de dificuldade. O trabalho demonstrou uma limitação significativa da IA em relação à incapacidade de identificar erros no desenvolvimento da resolução dos alunos. Nas eventuais falhas da IA, o professor sugeriu aprimoramento de prompt, destacando a importância

do refinamento contínuo do processo instrutivo/console de comandos para gerar feedback adequado.

O nível de satisfação dos usuários sobre o *chatbots* educacionais é misto. Belda-Medina e Kokošková (2023) avaliaram a percepção de quatro *chatbots* integrados a apps (AICs, em inglês) como tutores adaptativos no ensino do inglês, com base no modelo misto CHISM (*Chat-Human Interaction Satisfaction Model*). Foi relatada uma satisfação geral moderada, indicando que os AICs ainda estão longe de oferecer uma interação com aparência realmente humana. Lee e Yeo (2022) investigaram a interação de um *chatbot* que simulava um aluno com concepções equivocadas sobre frações, utilizado por futuros professores de matemática. As práticas de ensino responsivo aplicadas buscaram estimular o pensamento matemático. Após refinamentos na segunda interação, o *chatbot* passou a apresentar perguntas e respostas mais realistas. Os participantes valorizaram a experiência, relatando ganho de pensamento crítico. O estudo mostrou que o design do *chatbot* influenciou diretamente a qualidade das interações: inicialmente simples, elas se tornaram mais coerentes e complexas após ajustes, evidenciando como a estrutura tecnológica pode moldar a aprendizagem.

Chandrasekaran e Nair (2024), consoantes à Torres-Peña *et al.* (2024), apontam limitações em precisão e confiabilidade. O trabalho pontua que é essencial que as universidades, ainda que não integrem o ChatGPT ou qualquer tecnologia semelhante, se mantenham informadas sobre seu impacto e potencial. A adoção de uma abordagem proativa, com diretrizes gerais sobre o uso responsável da tecnologia conduz a mitigação de riscos. A colaboração com especialistas e a adoção de princípios éticos são fundamentais para que as instituições estejam preparadas para lidar com as implicações das tecnologias emergentes no ambiente acadêmico.

### 3.2. Efeitos das ferramentas

Os estudos selecionados abordam diferentes cenários educacionais da educação especial ao ensino superior, incluindo públicos diversos como idosos, estudantes universitários e discentes com deficiências e convergem na análise do papel mediador da IA no aprimoramento da aprendizagem.

O trabalho de Dai *et al.* (2024) apresentou uma meta-análise abrangente sobre os efeitos de agentes virtuais baseados em IA em simulações educacionais. Com base em 33 estudos e mais de 3.700 participantes, os resultados indicam que os agentes com IA têm um efeito positivo moderado nos resultados de aprendizagem, sendo mais eficazes quando desempenham papéis sociais e instrucionais combinados e apresentam comportamento adaptativo.

Os agentes que se adaptam ao desempenho dos alunos e oferecem feedback personalizado não apenas aumentam o engajamento, mas também promovem a compreensão de conceitos complexos. Esse efeito é mais pronunciado em tarefas de resolução de problemas do que em

simulações procedimentais. A importância da personalização da interação humano-computador é evidente, sinalizando que sistemas baseados em IA que monitoram continuamente o progresso e adaptam o suporte são fundamentais na aprendizagem à distância. Além disso, os estudos mostram que a eficácia dos agentes é ampliada quando integrados a contextos educacionais híbridos ou remotos, permitindo intervenções oportunas e com menor dependência da presença constante do professor.

Essas conclusões são corroboradas por Gao *et al.* (2022), que investigou o uso de estrutura argumentativa em sistemas adaptativos de discussão em grupo, destacando o efeito ambivalente dessa ferramenta na aprendizagem colaborativa. Os resultados mostram que a estruturação aumentou a quantidade de participação, mas teve impacto limitado ou até negativo na profundidade cognitiva das argumentações, caracterizando um “efeito de espada de dois gumes”.

Isso revela um desafio crítico nos sistemas adaptativos mediadores de interação: ao mesmo tempo em que orientam a participação dos alunos, podem engessar o processo reflexivo, limitando a espontaneidade e a elaboração de ideias. A IA nesses sistemas atua como mediadora dinâmica, mas sua eficácia depende de níveis calibrados de *scaffolding* (apoio), adaptados ao grau de maturidade argumentativa dos participantes. O estudo sugere que, em contextos de educação à distância, os sistemas adaptativos devem oferecer apoios flexíveis, que possam ser intensificados ou reduzidos conforme a evolução das habilidades dos alunos, promovendo maior autonomia cognitiva e profundidade nos diálogos.

Khasawneh e Khasawneh (2024) exploraram a relação entre diferentes tecnologias adaptativas (realidade virtual, gamificação e IA) e a carga cognitiva em salas de aula de educação especial. A pesquisa foca em alunos do ensino fundamental com necessidades educacionais especiais e avalia o impacto das tecnologias de aprendizagem adaptativa na carga cognitiva. O estudo evidenciou uma redução significativa da carga extrínseca (relacionada à forma de apresentação das informações) e um aumento da carga germânica, que se refere à construção significativa de esquemas mentais.

Estes resultados são particularmente relevantes na educação à distância, onde a mediação tecnológica precisa ser intuitiva e responsiva. A IA, neste caso, se apresenta como um elemento facilitador de acessibilidade cognitiva, ao ajustar em tempo real o ritmo, o nível de dificuldade e o tipo de conteúdo com base no perfil e progresso do aluno. A aplicação em contextos inclusivos demonstra o potencial das ferramentas adaptativas para promover equidade educacional, eliminando barreiras impostas por métodos tradicionais que não consideram a diversidade dos aprendizes. As evidências também indicam que o uso consistente dessas tecnologias fortalece habilidades metacognitivas, como a autorregulação e a “automonitoria”, importantes na aprendizagem remota.

Tang (2024) propôs um modelo adaptativo para a educação de idosos em ambientes comunitários urbanos, combinando ensino online e presencial com um sistema de recomendação personalizado baseado em IA (SASBPSO). Embora o foco seja em uma faixa etária específica, o estudo oferece *insights* relevantes sobre educação adaptativa intergeracional e inclusão digital. A IA foi utilizada para ajustar conteúdos de acordo com as preferências cognitivas e culturais dos aprendizes, garantindo usabilidade e continuidade da aprendizagem. Os resultados mostram que os sistemas inteligentes favoreceram a motivação contínua, a personalização das trilhas de aprendizagem e a interação social, mesmo em contextos remotos. A implementação de IA nesses cenários também reduziu a evasão e aumentou o sentimento de pertencimento dos aprendizes.

A análise reforça que a aprendizagem adaptativa com IA não é exclusiva do contexto escolar-formal, sendo eficaz também em programas de extensão e formação continuada à distância. A personalização do conteúdo, aliada à facilidade de navegação e feedback automatizado, mostra-se essencial para ampliar o acesso e o engajamento de públicos historicamente excluídos do meio digital.

De modo geral, os estudos convergem na conclusão de que a IA, quando integrada de forma planejada e pedagógica, pode atuar como elemento catalisador da aprendizagem adaptativa na educação à distância. Contudo, também alertam para os riscos de sobrecarga cognitiva e para a importância de uma mediação sensível às diferenças individuais dos aprendizes. A mediação pedagógica por IA deve estar ancorada em modelos educacionais centrados no estudante, com forte embasamento em teorias da aprendizagem e em princípios de acessibilidade e inclusão. O sucesso da aprendizagem adaptativa mediada por IA depende diretamente do equilíbrio entre tecnologia, design instrucional e intencionalidade pedagógica.

### 3.3. Desafios e perspectivas futuras

A aplicação da inteligência artificial na educação, especialmente por meio de tecnologias de aprendizagem adaptativa e *chatbots* baseados em modelos de linguagem, tem apresentado resultados promissores no aprimoramento da qualidade do ensino e na promoção de experiências de aprendizagem mais eficazes e inclusivas. Observa-se o avanço contínuo no uso dessas ferramentas, impulsionada pelo avanço dos modelos de IA, que têm possibilitado metodologias mais flexíveis, capazes de delinear, projetar, coletar dados e realizar ajustes que aumentam sua eficiência. As avaliações de *chatbots* e plataformas adaptativas implementados no contexto educacional convergem para um ponto central: essas tecnologias possuem grande potencial para transformar práticas pedagógicas e melhorar o desempenho dos estudantes. Porém, a consolidação na educação enfrenta barreiras significativas. Entre os principais entraves destacam-se questões éticas, como a presença de vieses algorítmicos que podem perpetuar

desigualdades educacionais, além de preocupações relacionadas à privacidade e à segurança dos dados dos estudantes. Ademais, há o risco de dependência excessiva dessas tecnologias, o que reforça a necessidade de compreendê-las como instrumentos de apoio ao processo educativo, e não como substitutos do papel humano na mediação pedagógica.

No campo das lacunas de pesquisa, verifica-se a necessidade de estudos mais amplos e diversificados que considerem diferentes contextos institucionais, perfis discentes e modalidades de ensino, sobretudo na educação a distância, além da maior diversificação das áreas de ensino. Também se evidencia a demanda por mais investigações que aprofundem o impacto do treinamento assistido, da capacitação dos usuários e da qualidade das interações mediadas por *prompts*, bem como por pesquisas que articulem o uso da IA a fundamentos teóricos sólidos da área de educação. Nesse sentido, a área deve priorizar a investigação do desenvolvimento de modelos éticos e transparentes, a formulação de diretrizes institucionais para adoção responsável da IA e a avaliação dos efeitos dessas tecnologias sobre a aprendizagem, o engajamento e a autonomia dos estudantes.

## 4. Conclusão

A integração de ferramentas baseadas em inteligência artificial no contexto educacional demonstra elevado potencial para contribuir com o ensino adaptado às necessidades discentes. Os estudos indicam que essas tecnologias são capazes de fornecer *feedback* personalizado consoante às demandas individuais. Esses pareceres beneficiam a personalização do conteúdo, criação de atividades, decomposição de problemas, mapeamento de lacunas de aprendizagem, promoção de acessibilidade e inclusão digital. Os achados evidenciam, contudo, que a eficácia dessas ferramentas está diretamente relacionada à capacitação dos usuários e à qualidade das instruções fornecidas, uma vez que limitações nos processos de interação podem comprometer a assimilação dos conteúdos. A mediação docente mostra-se, portanto, indispensável, tanto para a supervisão das interações quanto para o acompanhamento pedagógico em situações que demandem orientação síncrona, especialmente para estudantes em início de formação no ensino superior.

A adoção responsável dessas tecnologias requer, ainda, diretrizes institucionais claras, formação continuada de docentes e o compromisso com princípios éticos, de modo a potencializar seus benefícios e mitigar riscos técnicos, éticos e estruturais. Assim, embora as ferramentas de IA apresentem elevado potencial para contribuir com o cenário educacional, sua aplicação eficaz está condicionada à integração planejada com práticas pedagógicas adequadas, à supervisão humana qualificada e à superação dos desafios técnicos, éticos e estruturais identificados.

## Biodados e contatos dos autores

	<p>COSTA, N. L. é doutoranda em Ciência e Tecnologia de Materiais pela Universidade Estadual Paulista. Seus interesses de pesquisa incluem ciência e engenharia de materiais, energias renováveis, biomassas alternativas e ciências térmicas. Atuou na definição dos objetivos, introdução, metodologia, levantamento bibliográfico, elaboração do glossário, análise e redação do manuscrito.</p> <p>UNESP, Departamento de Engenharia, Av. dos Barrageiros, 1881 – Distrito, Primavera, Rosana – SP, Brasil</p> <p>ORCID: 0009-0009-5972-5640</p> <p>E-mail: <a href="mailto:naiara.costa@unesp.br">naiara.costa@unesp.br</a></p>
	<p>SUA, R.M.F. PhD em Ciências com ênfase na área de Bioenergia da Universidade Estadual de Campinas. Seus interesses de pesquisa incluem fitomelhoramento, biologia molecular e inovação. Atuou na definição de objetivos, metodologia, levantamento bibliográfico, análise e redação do manuscrito.</p> <p>UNICAMP, Departamento de Genética, Evolução, Microbiologia e Imunologia (DGEMI), Instituto de Biologia (IB), campus de Barão Geraldo, Campinas – SP, Brasil.</p> <p>ORCID: 0000-0003-3771-1423</p> <p>E-mail: <a href="mailto:maria.sua26@gmail.com">maria.sua26@gmail.com</a></p>
	<p>SCHIMIDT, M. é aluna regular do curso de Doutorado no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Atua na área de Sistemas de Energia, desenvolvendo pesquisas relacionadas a sistemas elétricos e modelagem matemática aplicada ao setor energético.</p> <p>UNESP, Departamento de Engenharia Elétrica, Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube, 14-01 – Vargem Limpa, Bauru – SP, Brasil</p> <p>ORCID: 0009-0009-4524-677X</p> <p>E-mail: <a href="mailto:marina.scimidt@unesp.br">marina.scimidt@unesp.br</a></p>

	<p>BRUNO, J. S. A. é doutora pelo Programa de Pós-graduação em Biotecnologia da Universidade Federal de São Carlos. Seus interesses de pesquisa incluem fotobiomodulação na área da fisioterapia sendo membro do Centro de Estudos e Pesquisa em Óptica e Fotônica – CEPOF da Universidade de São Paulo. Atuou na definição de objetivos, levantamento bibliográfico e discussão. UFSCAR, Instituto de Física de São Carlos, Av. Trab. São Carlense, 400 - Parque Arnold Schmidt, São Carlos – SP ORCID: 0000-0002-6473-8173 E-mail: <a href="mailto:julianabruno@estudante.ufscar.br">julianabruno@estudante.ufscar.br</a> Telefone: (16) 3373-9672.</p>
	<p>FERREIRA, A. L. G. é professora associada do Departamento de Ciências Básicas e Ambientais da Escola de Engenharia de Lorena da Universidade de São Paulo. Seus interesses de pesquisa incluem resíduos da agroindústria e biocombustíveis, com projetos financiados no Programa BIOEN/FAPESP. Atuou na definição de objetivos e metodologia, supervisão e revisão deste artigo. USP, Departamento de Ciências Básicas e Ambientais da Escola de Engenharia de Lorena da - Área I, Estrada Municipal do Campinho, 100 – Campinho, Lorena – SP, Brasil ORCID: 0000-0002-8361-8767 E-mail: <a href="mailto:gabas@usp.br">gabas@usp.br</a></p>

## Agradecimentos

À Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP) pelo aprendizado e apoio financeiro.

## Referências Bibliográficas

ADDIMANDO, L. **Distance Learning in Pandemic Age: Lessons from a (No Longer) Emergency.** Int. J. Environ. Res. Public Health, v. 19, p. 16302, 2022.

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. 1, p. 62, 2023.

CAO, Y. *et al.* **Reimagining tradition: A comparative study of artificial intelligence and virtual reality in sustainable architecture education.** Sustainability, v. 16, n. 24, p. 11135, 2024.

CASTELLANO, M. S. *et al.* **Empowering human anatomy education through gamification and artificial intelligence: An innovative approach to knowledge appropriation.** *Clinical Anatomy*, v. 37, n. 1, p. 12-24, 2024.

CHANDRASEKARAN, B.; NAIR, S. G. S. **Unleashing the potential of ChatGPT in education: Revolutionizing learning and collaboration.** *IEEE Potentials*, v. 43, n. 6, p. 13-22, 2024.

CHETYRBOK, P. V.; SHOSTAK, M. A.; ALIMOVA, L. U. **Adaptive learning using artificial intelligence in distance education.** *Proceedings of the Distance Learning Technologies, Yalta, Crimea*, p. 16-21, 2021.

DA SILVA, J. A. S. G.; COUTINHO, D. J. G. Crescimento do Ensino à Distância após a pandemia no Brasil. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 10, p. 3714-3722, 2024.

DAI, C. *et al.* **Effects of artificial intelligence-powered virtual agents on learning outcomes in computer-based simulations: A meta-analysis.** *Educational Psychology Review*, v. 36, n. 1, p. 31, 2024.

GAO, H. *et al.* **The double-edged sword effect of argumentative scaffolding on group discussion in an adaptive discussion system.** *Frontiers in Psychology*, v. 13, p. 997522, 2022.

HOWORTH, S. K. *et al.* **Integrating emerging technologies to enhance special education teacher preparation.** *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 2024.

INGAVÉLEZ-GUERRA, P. *et al.* **Automatic adaptation of open educational resources: an approach from a multilevel methodology based on students' preferences, educational special needs, artificial intelligence and accessibility metadata.** *IEEE Access*, v. 10, p. 9703-9716, 2022.

KHASAWNEH, Y. J.; KHASAWNEH, M. A. **Cognitive load analysis of adaptive learning technologies in special education classrooms: A quantitative approach.** *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, v. 11, n. 12, p. 34-41, 2024.

LEE, D.; YEO, S. **Developing an AI-based chatbot for practicing responsive teaching in mathematics.** *Computers & Education*, v. 191, p. 104646, 2022.

MARTIN, F., DENNEN, V. P., e BONK, C. J. **Systematic Reviews of Research on Online Learning: An Introductory Look and Review.** *Online Learning Journal (OLJ)*, v. 27, n. 1, p. 1-15, 2023.

MOHER, D. *et al.* **Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement.** *Bmj*, v. 339, 2009.

SACHETE, A. dos S.; DE SANT'ANNA DE F. L, A. V.; GOMES, R. S. **AdaptiveGPT: Towards Intelligent Adaptive Learning.** *Multimedia Tools and Applications*, v. 83, n. 41, p. 89461-89477, 2024.

SAJJA, R. *et al.* **Artificial intelligence-enabled intelligent assistant for personalized and adaptive learning in higher education.** *Information*, v. 15, n. 10, p. 596, 2024.

STRIELKOWSKI, W. *et al.* **AI-driven adaptive learning for sustainable educational transformation.** *Sustainable Development*, v. 33, p. 1921 - 1947, 2024.

TANG, Z. **Internet+ Teaching Model of Community-Based Elderly Education in the Context of Smart Cities.** *Applied Mathematics and Nonlinear Sciences*, v. 9, n. 1, p. 1–20, 2024.

TORRES-PEÑA, R. C. *et al.* **Updating calculus teaching with AI: A classroom experience.** *Education Sciences*, v. 14, n. 9, p. 1019, 2024.

WU, B. **Personalized education for graduate students driven by artificial intelligence and big data.** *Teaching of Forestry Region*, v. 7, 2019.

YUFEIA, L. *et al.* **Review of the application of artificial intelligence in education.** *Integration (Amsterdam)*, v. 12, n. 8, p. 1-15, 2020.

ZHANG, K.; ASLAN, A. B. **AI technologies for education: Recent research & future directions.** *Computers and education: Artificial intelligence*, v. 2, p. 100025, 2021.

---

#### COMO CITAR ESTE TRABALHO

ABNT: COSTA, N. L. *et al.* Avaliação da Aprendizagem Adaptativa (*Adaptive Learning*) através do Uso da Inteligência Artificial (IA) na Educação à Distância. **EaD em Foco**, v. 16, n.1, e2755, 2026. doi: <https://doi.org/10.18264/eadf.v16i1.2755>

PRELLO