

Quais são as oportunidades da aplicação da inteligência artificial na educação apresentadas na literatura?¹

Ricardo BELINSKI²

Juliane MARTINS³

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

RESUMO

Este artigo aborda as oportunidades de uso da inteligência artificial na educação, no ensino em sala de aula e na aprendizagem dos estudantes, sobretudo a Inteligência Artificial Generativa. Para compreender esse tema emergente, utilizou-se a revisão integrativa de literatura, que permite criar quadros teóricos e construir modelos conceituais. Foram identificados temas ligados à customização da aprendizagem e métodos adaptativos aos discentes. Também se levantaram experiências a respeito da inteligência artificial na produção textual, seus desafios éticos e a necessidade de desenvolvimento de estudantes e professores em uma nova área de conhecimento: engenharia de *prompt*.

PALAVRAS-CHAVE: Educação; Inteligência Artificial; Ensino; Aprendizagem; *Chatbot*.

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO

A Inteligência Artificial (IA) é uma área de estudo resultante da inovação e do desenvolvimento em computadores, máquinas e outros artefatos com inteligência semelhante à humana, ou seja, caracterizada por habilidades cognitivas, aprendizagem, adaptabilidade e capacidades de tomada de decisão, afirmam Chen, Chen e Lin (2020).

Quanto às eras da tecnologia na educação, primeiramente, fez-se uso do computador e da informática no ambiente educacional, depois houve uma transição para sistemas computacionais para automatizar as atividades e tarefas na educação, como o uso dos ambientes virtuais de aprendizagem e aplicativos para dispositivos móveis e, mais recentemente, aplicaram-se sistemas de inteligência artificial para dar suporte ao ensino (Chen; Chen; Lin, 2020). Uma das primeiras experiências de uso de *Data Science* e IA

¹ Trabalho apresentado no GP Comunicação e Educação, XIX Encontro dos Grupos de Pesquisas em Comunicação, evento componente do 47º Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação.

² Mestre do Programa de Pós-Graduação em Gestão da Informação da Universidade Federal do Paraná (UFPR). Bacharel em Comunicação Social – Jornalismo pela Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR). Mestre e bacharel em Administração. Pesquisador nas áreas de Administração, Comunicação e Educação. E-mail: belinski@ufpr.br

³ Doutora em Ciências da Comunicação pela Escola de Comunicações e Artes da Universidade de São Paulo (ECA-USP), mestre em Educação pela PUCPR, especialista em Comunicación Científica pela Universitat Pompeu Fabra (Barcelona-Espanha) e bacharel em Comunicação Social – Jornalismo pela PUCPR. Professora do curso de Comunicação Institucional da UFPR. E-mail: professorajuliane@ufpr.br

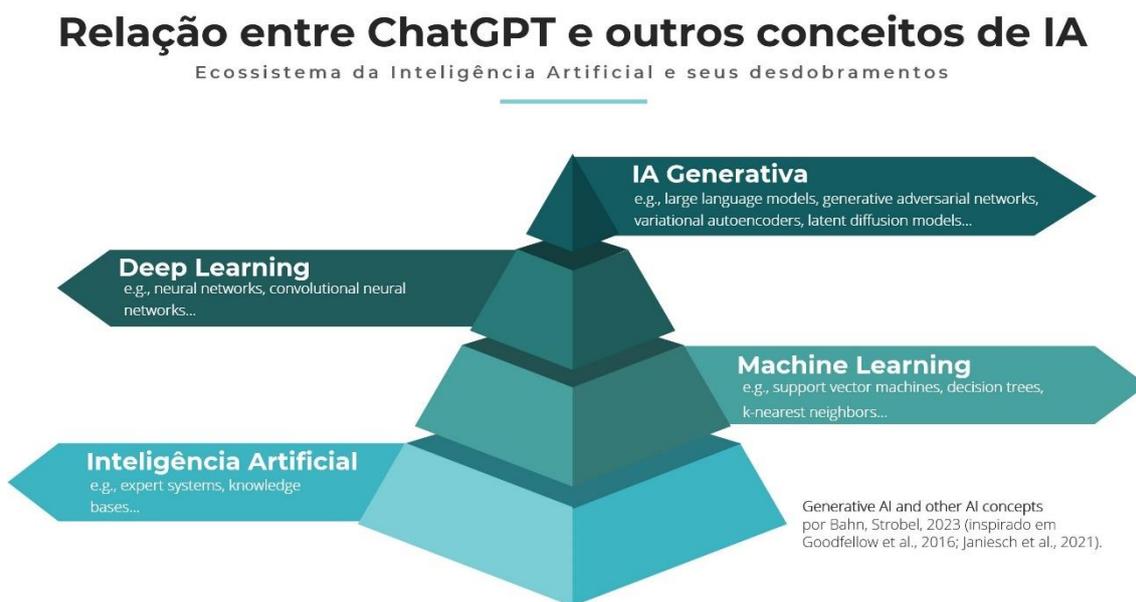
na educação foram os MOOCS (*massive open online courses*), citados por Bayaga (2023) e Almohammadi *et al.* (2017).

Cada vez mais a educação se utiliza da tecnologia da informação e comunicação (TIC), impulsionada por políticas públicas de disseminação do acesso à internet para a população em geral no contexto da Agenda Educação 2030 (Unesco, 2024). De modo geral, esse fenômeno é entendido como AIED (*Artificial Intelligence in Education*). Assim, a Unesco (2024) dissemina estudos sobre AIED nas dimensões: ética, inclusão e considera oportunidades, riscos e mudanças que devem acontecer na educação em vários países, bem como aborda questões de resiliência digital e literacia em dados.

Devedžić (2004), ao abordar a IA e *Web Intelligence* do ponto de vista tecnológico, apresentou a próxima geração de produtos, sistemas, serviços e atividades pela internet aplicados na educação em termos de adaptabilidade de ambiente web e sequenciamento curricular adaptativo.

Segundo Coppin (2004), IA é a capacidade das máquinas se adaptarem a novas situações, lidar com situações emergentes, resolver problemas, responder perguntas, planejar dispositivos e realizar várias outras funções que requerem algum nível de inteligência tipicamente evidente nos seres humanos. Para Whitby (2008), IA é o estudo do comportamento da inteligência em humanos, animais e máquinas que se esforçam para transformar tal comportamento em um artefato, como computadores e tecnologias relacionadas à informática. O ecossistema da IA está na figura 1.

FIGURA 1 – INTERFACES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL



FONTE: baseado em Bahn e Strobel (2023).

A IA é considerada um termo abrangente, envolvendo algoritmos computacionais capazes de executar tarefas que normalmente exigem inteligência humana, como o uso de linguagem natural, o reconhecimento de padrões em textos e imagens, a tomada de decisões e o aprendizado com a experiência, afirmam Bahn e Strobel (2023).

No contexto da educação, a IA é uma oportunidade de se enfrentar desafios da educação atual, além de inovação nas práticas de ensino e aprendizagem e, por fim, acelerar o progresso em direção aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), segundo a Unesco (2024). O investimento mundial previsto para a AIED em 2024 é de 6 bilhões de dólares. A GenAI (Inteligência Artificial Generativa), da qual o ChatGPT é um dos seus expoentes, tende a ser uma ferramenta popular aplicada à educação.

A próxima geração da internet irá além da melhoria da pesquisa de informações e das consultas de conhecimento e ajudará as pessoas a alcançar melhores formas de vida. Para cumprir o seu potencial, o design e o desenvolvimento da internet inteligente devem incorporar e integrar diversas capacidades fundamentais similares ao comportamento humano, afirmam Zhong, Liu e Yao (2002).

Este artigo adota a pesquisa qualitativa, com revisão de literatura integrativa que, segundo Torracco (2005), pode gerar novos conhecimentos sobre um tema; é uma forma sofisticada de abordagem que requer habilidades de pesquisa e entendimento. Esse tipo de pesquisa é caracterizado pela sua fluidez em contraposição com as revisões narrativas (Baumeister; Leary, 1997; Wong *et al.*, 2013) ou as revisões sistemáticas e metanálises (Davis *et al.*, 2014; Liberati *et al.*, 2009; Moher *et al.*, 2009), mais estruturadas e estatísticas, definidas por listas de verificação e etapas pré-definidas pela comunidade científica, e.g. como o método Prisma (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*). Algo em comum com esses tipos de revisão é o desenvolvimento teórico sobre um tema. Para Bayaga (2023), a revisão de literatura permite identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as descobertas pelas análises de situações comparáveis.

Para Snyder (2019), a produção de conhecimento em determinada área é bastante veloz e permanece simultaneamente fragmentada e interdisciplinar; isso torna difícil acompanhar o estado da arte e estar na vanguarda da investigação. Portanto, a revisão de literatura como um método de pesquisa é bastante relevante.

Neste artigo, foram consultadas as bases de artigos científicos com assinaturas pagas pela UFPR e que estavam disponíveis em junho de 2024. Foram usados os temas: “AI”, “Artificial Intelligence”, e “Education”, primeiramente, na base de dados

EBSCOhost e, posteriormente, a busca foi ampliada para a base da Elsevier e *Science Direct*. Foram descartados os artigos de acesso restrito ou pago. Para organizar os documentos, usou-se o gerenciador de referências Mendeley⁴. Para análise de conteúdo foi utilizado o software NVivo⁵, da Lumivero, com o objetivo de codificar em temas, identificar as expressões utilizadas e classificar os artigos, conforme Bardin (2016).

Inicialmente foram consultados artigos que continham revisão sistemática da literatura sobre o tema, tais como Wollny *et al.* (2021) que abordaram o uso de *chatbots*⁶ na educação, ou Chen, Chen e Lin (2020) que pesquisaram os tópicos “AI” e “Education” na *Web of Science* e *Google Scholar* entre 2010 e 2019, portanto antes da popularização da GenAI. Por fim, para dados mais atualizados foi localizado um periódico especializado em AIED, cuja seleção resultou em 24 artigos publicados em 2023 e 2024 que abordaram estudos sobre a AIED.

Houve aumento de artigos científicos publicados sobre AIED, segundo Chen, Chen e Lin (2020), em consulta a bases como *Web of Science* e *Google Scholar*. Maphosa e Maphosa (2023) analisaram 304 artigos na base *Scopus* entre 2012 e 2021 e identificaram que a maior parte das publicações sobre AIED na educação superior vieram da China, Estados Unidos, Rússia e Reino Unido, com o Brasil na 24ª posição. Esse estudo identificou quatro temas na educação superior: a) dados como catalisadores da transformação digital; b) desenvolvimento de tecnologias de inteligência artificial; c) implementação da IA nesse nível educacional; d) tendências, trabalho e futuro da inteligência artificial na educação superior.

OPORTUNIDADES DE AIED

Este estudo traz oportunidades de aplicação da AIED, iniciando pela educação básica, depois superior, passando por áreas de aplicação (ensino e aprendizagem). Conforme Chassignol *et al.* (2018), o termo AIED é usado para abordar esse fenômeno, aplicável a áreas de administração escolar, ensino e aprendizagem.

Inicialmente, a educação incorporou ambientes virtuais de aprendizagem em que o material ficava disponível na internet para que os discentes fizessem upload, leitura e tarefas. Atualmente, soluções mais inteligentes e adaptáveis com sistemas de

⁴Free reference manager Mendeley, disponível em: <https://www.mendeley.com>

⁵ Software NVivo, disponível em: <https://lumivero.com/products/nvivo>

⁶ Chatbot é um software baseado em IA capaz de manter uma conversa em tempo real por voz ou texto.

reconhecimento do comportamento do professor e do estudante enriquecem a experiência educacional (Devedžić, 2004; Chassignol *et al.*, 2018).

Na educação infantil, tem-se o *educational cobots*, um robô que auxilia o professor em tarefas como: melhorar a ortografia, pronúncia de uma língua e ajuste de habilidades dos discentes (Timms, 2016). No ensino médio, a aplicação da IA foi abordada por Cheung *et al.* (2024) com o uso de ChatGPT⁷, Sora⁸ e Google Bard (atualmente Google Gemini⁹), nas aulas de ciências. O uso de *machine learning* para identificar a identidade de estudantes durante uma discussão em grupo foi analisada por Renzella, Cain e Schneider (2022). Contudo, a maioria dos artigos sobre AIED abordaram o ensino superior.

A partir da análise de conteúdo, os artigos anteriores a 2022 foram utilizados para embasamento teórico sobre AIED em termos mais abrangentes e os 24 artigos publicados em 2023 e 2024 no periódico *Computers and Education: Artificial Intelligence*¹⁰ foram utilizados para apresentar a atual discussão sobre a GenAI.

FIGURA 2 – OS 100 TERMOS MAIS EM AIED



FONTE: elaborado pelos autores (2024).

Os artigos apresentaram os temas mais frequentes, com uso do NVivo, agrupados

⁷ ChatGPT, disponível em: <https://openai.com>

⁸ Sora, disponível em: <https://openai.com/index/sora>

⁹ Google Gemini, disponível em: <https://gemini.google.com>

¹⁰ Acesso ao periódico da Elsevier em: <https://tinyurl.com/2vse7a4y>

por sinônimos, a saber: *chatGPT, models, research, students, education, feedback, responses, text, learning, data, computers, results, scoring, prompt, generated, skills, potential, assessment, experience, performance, design, different, human, approach, making, ethical, participants, use, positive, based, coding, technology, example, knowledge, chatbots, automated, development*. Esses são os cem termos mais comuns nos artigos sobre o tema AIED, centrados no uso da GenAI, conforme figura 2.

Paradoxalmente, o tema “tecnologia” apareceu entre os últimos citados nos artigos sobre AIED: tecnologia subjacente, tecnologias adequadas, tecnologias inteligentes, tecnologia habilitada por IA.

Na educação superior, a AIED abordou as dimensões: a) aprendizagem diferenciada e individualizada; b) memória virtual dos estudantes; c) tutoria e suporte fora da sala de aula; d) educação empoderada por análise de dados e adaptativa ao perfil dos estudantes; e) acesso universal aos estudantes (Chang *et al.*, 2022).

A aplicação do ChatGPT no ensino de demonstrações financeiras e lançamentos contábeis foi abordada em estudo de Cheng *et al.* (2024), que identificaram oportunidades de promover a familiaridade com os estudantes, de explorar as questões éticas do uso e de aumentar a motivação para aprendizagem assíncrona, com feedback em tempo real, com instruções e interações com ferramentas de IA. Do mesmo modo, Bayaga (2023) citou o uso de *teacherbots*, que são ferramentas baseadas em ciência de dados aplicadas no processo de ensino e aprendizagem, composto por tecnologia, pedagogia e conteúdo, em uma versão personalizada para cada estudante.

A partir da análise dos artigos, percebeu-se uma concentração desde 2023 no tema AIED focado em GenAI e em *chatbots*, os quais serão abordados a seguir.

Uma nova fase da GenAI na AIED

O lançamento em novembro de 2022 do ChatGPT, uma forma flexível e acessível de inteligência artificial, pela empresa OpenAI, levantou uma infinidade de questões aos interessados em ambientes de aprendizagem interativos (Rospigliosi, 2023). Segundo esse autor, os GPTs (*Generative Pre-trained Transformer*) são um tipo de modelo de *Large Language Model* (LLM) que usa *deep learning* para treinar e melhorar sua saída, ou seja, GPTs são treinados em um grande *corpus* de dados existentes, como texto e imagens obtidos da internet, e identificam padrões que os permitem sugerir palavras e frases apropriadas em um determinado contexto.

O ChatGPT se distingue de outros LLMs pela sua característica especial, tais como acessibilidade, personalização, formato de conversação e relação custo-benefício (Rahman; Watanobe, 2023). Nos artigos pesquisados, nem sempre o ChatGPT foi situado no ecossistema de IA, bem como não foram citados outros *chatbots*, e foram citadas direta ou indiretamente a engenharia de *prompt* e a programação em algoritmos, conforme quadro 1.

QUADRO 1 – CONCEITOS E TERMOS DE AIED

Termo	Autores
CHATBOT	Aryadoust, Zakaria, Jia, 2024; Bezirhan, Davier, 2023; Chauncey, McKenna, 2023; Chen, Zhu, Castillo, 2023; Einarsson, Lund, Jónsdóttir, 2024; Essel <i>et al.</i> , 2024; Fleckenstein <i>et al.</i> , 2024; Fong, Lin, Chen, 2024; Hallal, Hamdan, Tlais, 2023; Kajiwara, Kawabata, 2024; Knoth <i>et al.</i> , 2024; Lee <i>et al.</i> , 2024; Li <i>et al.</i> , 2023; Misiejuk, Kaliisa, Scianna, 2024; Moorhouse, 2024; Pack, Barrett, Escalante, 2024; Pursnani <i>et al.</i> , 2023; Steele, 2023; Wang, Li, Bonk, 2024; Zheng, Stewart, 2024.
CHATGPT	Aryadoust, Zakaria, Jia, 2024; Awidi, 2024; Bezirhan, Davier, 2023; Chauncey, McKenna, 2023; Chen, Zhu, Castillo, 2023; Einarsson, Lund, Jónsdóttir, 2024; Essel <i>et al.</i> , 2024; Fleckenstein <i>et al.</i> , 2024; Fong, Lin, Chen, 2024; Hallal, Hamdan, Tlais, 2023; Kajiwara, Kawabata, 2024; Knoth <i>et al.</i> , 2024; Lee <i>et al.</i> , 2024; Li <i>et al.</i> , 2023; Meyer <i>et al.</i> , 2024; -Misiejuk, Kaliisa, Scianna, 2024; Moorhouse, 2024; Pack, Barrett, Escalante, 2024; Pursnani <i>et al.</i> , 2023; Steele, 2023; Tate <i>et al.</i> , 2024; Wang, Li, Bonk, 2024; Wiboolyasarini <i>et al.</i> , 2024; Zheng, Stewart, 2024.

FONTE: elaborado pelos autores (2024).

O ChatGPT é um aplicativo que utiliza um software de aprendizado de máquina (*Learning Machine*) chamado *Generative Pre-trained Transformer* (GPT-3), que é um tipo de *Large Language Model* (LLM) e um framework para a inteligência artificial generativa (GenAI). Resumidamente, o GPT é uma rede neural artificial que usa o processamento de linguagem natural por máquinas (NLP); ele utiliza uma arquitetura de *deep learning*, que é o resultado de treinamento em grandes conjuntos de dados de texto não rotulado e é capaz de gerar novos conteúdos similares ao de um ser humano. Os modelos GPT-3 foram treinados em dados de texto extensos (aproximadamente 175 bilhões de parâmetros treináveis e 570 GB de texto), capazes de gerar texto semelhante ao humano e executar outras tarefas relacionadas à linguagem com uma alta porcentagem de precisão (Rahman; Watanobe, 2023).

Estudos sobre a qualidade da escrita de estudantes do ensino médio usando ChatGPT foram realizados por Tate *et al.* (2024), demonstrando uma concordância e correlação entre a avaliação humana e a AIED, principalmente em discentes com melhor proficiência na língua inglesa.

Nos estudos de Fong, Lin e Chen (2024) os itens codificados nas entrevistas com estudantes foram agrupados em quatro principais temas: a) percepção e uso de ferramentas IA; b) limitações das ferramentas GenAI; c) versões das ferramentas GenAI; e d) avaliação crítica das ferramentas. No ensino superior, os autores analisaram o uso da ferramenta Quillbot¹¹, que ajudou a parafrasear os textos, bem como foram avaliados o uso de Grammarly¹², e Just The Word¹³ na escrita acadêmica.

Fong, Lin e Chen (2024) perceberam que há maior possibilidade de se utilizar o ChatGPT nas áreas de ciências, tecnologia, engenharia, matemática (STEM), medicina e educação. A aceitação da tecnologia LLM foi abordada por Kajiwara e Kawabata (2024) nas áreas: impacto social, expectativa de desempenho e esforço, lidar com alucinações IA¹⁴, recuperação das informações, suporte criativo, apoio à decisão.

Outros resultados foram notados na aplicação de ferramentas de IA no aprendizado de idiomas pela ajuda aos estudantes em suas tarefas, construindo sua proficiência em línguas estrangeiras na escrita e na compreensão oral, além de permitir aos professores customizar o processo de ensino e aprendizagem (Fong; Lin; Chen, 2024). Por exemplo, os *chatbots* ajudaram na escolha das palavras mais adequadas, na estrutura de frases e no registro de um estilo de escrita.

Sobre o tema *chatbots*, alguns educadores acreditam na necessidade de estabelecer parâmetros apropriados e éticos antes de sua implementação na educação, haja vista que se torna difícil distinguir um texto humano de outro gerado por IA (Kajiwara; Kawabata, 2024).

O termo *chatbots* estava presente em 80% dos artigos, nem sempre associado ao software ChatGPT, visto que há outros tipos de *chatbots*. Por exemplo, uma pesquisa com quatro LLMs avaliou os textos on-line produzidos pelos estudantes com ferramentas on-line de gramática e correção ortográfica. Analisaram-se diferenças entre uma correção humana e outra feita por ferramentas de IA quanto à validade e confiabilidade das informações (Pack; Barrett; Escalante, 2024).

¹¹ Quillbot, disponível em: <https://quillbot.com>

¹² Grammarly, disponível em: <https://www.grammarly.com>

¹³ Just The Word, disponível em: <http://www.just-the-word.com>

¹⁴ As alucinações em IA (*AI Hallucination*) também constituem desafios, pois são informações geradas a partir de dados fora do contexto e com resultados absurdos, cabendo ao usuário filtrar o que corresponde à realidade. Exige-se o desenvolvimento de interação bidirecional entre humanos e computador neste processo, gerando uma experiência única para cada usuário no uso do chatbot (Knoth et al., 2024).

Para Knoth *et al.* (2024), a utilização de ChatGPT não é uma tarefa simples, porque é preciso desenvolver estratégias de engenharia de prompt (e.g. *prompt engineering, prompt design, prompt programming, prompting*): um texto de entrada ou um conjunto de instruções informados ao software. Essas regras devem ser claras e objetivas para criar as normas predeterminadas para um prompt no LLM, visto que a qualidade da resposta depende dessas variáveis.

Sobre o viés em IA, estudos com o uso de *chatbots* para gerar textos para estudos sobre dilemas éticos na disciplina “Moral e Virtudes” na educação chinesa foram citados por Zheng e Stewart (2024). Foram encontrados vieses da visão e cultura moral WEIRD (ocidental, instruída, industrial, rica, democrática) nas histórias de dilemas morais, distintos dos valores culturais da China.

São termos associados à AIED: Aprendizagem Adaptativa (*Adaptive learning*), Aprendizagem Personalizada (*Personalized learning*) e Aprendizagem direcionada pelo estudante (*Self-directed learning*) (Rahman; Watanobe, 2023; Rasul *et al.*, 2023).

Aprendizagem personalizada, segundo Walkington e Bernacki (2020), é um design de aprendizagem sistemático que se concentra em adaptar a instrução aos pontos fortes, preferências, necessidades e objetivos individuais dos discentes, o que leva a experiências educacionais completas, incluindo maior acesso a disciplinas e habilidades de trabalho do século XXI. Uma das opções de uso de aprendizagem personalizada é o *Project-based Learning* (PBL), em que os estudantes têm propriedade, voz e escolha sobre seu rumo de aprendizagem (Walkington; Bernacki, 2020). Para os autores, isso deveria estar no centro de uma reforma educacional centrada no perfil de cada estudante.

Almohammadi *et al.* (2017) pesquisaram sobre técnicas de *data mining* na educação, além de apresentarem uma visão geral sobre os sistemas de educação adaptativa com o uso de técnicas de IA que simulam o processo decisório do ser humano.

Sobre a utilidade do ChatGPT, pesquisa com estudantes sobre o que eles achavam da ferramenta apresentou como resultado a busca de informações como um mecanismo de serendipidade e para realizar tarefas de aprendizagem (Chen *et al.*, 2023).

Sobre os modelos de aprendizagem, Chen *et al.* (2023) afirmam que as ferramentas de IA geralmente dependem de métodos estatísticos, modelos de aprendizado de máquina e algoritmos de computador, e são cada vez mais implantadas em sistemas sociotécnicos, como filtros de conteúdo em mídias sociais, veículos autônomos, sistemas de aprovação de hipotecas e *chatbots* comerciais, entre outros.

Por exemplo, no estudo de LLM no ensino de línguas, notou-se que as ferramentas de GenAI não foram projetadas para uso em AES (*Automated Essay Scoring*). Pack, Barret e Escalante (2024) abordaram um estudo que explorou a validade e confiabilidade de quatro LLM de GenAI (PaLM2, Claude 2, ChatGPT 3.5, ChatGPT 4) na pontuação da escrita discente. De modo geral, o AES é uma atividade de análise e avaliação do texto escrito, geralmente numérica, por meio do uso da tecnologia.

Contudo, foi constatado que a GenAI não foi treinada para pontuar textos acadêmicos, o que torna a GenAI mais semelhante a seres humanos ao avaliar a escrita, pois os mecanismos pelos quais ela pode chegar a uma pontuação não foram determinísticos (Pack; Barret; Escalante, 2024).

A experiência colaborativa, combinada com o feedback de AI, representou uma abordagem pedagógica inovadora e eficaz, com potencial de revolucionar as práticas de aprendizagem de língua, conforme estudo de Wiboolyasarini *et al.* (2024). Esses aspectos foram avaliados na qualidade da escrita: conteúdo, estrutura, utilização de exemplos e evidência para apoiar pontos principais, uso da linguagem, contagem de palavras e ortografia.

Para promover a aprendizagem com o uso de tecnologias da IA, a comunidade AIED utiliza a aprendizagem adaptativa, a análise preditiva, os modelos de aprendizagem e os tutores inteligentes (Chen *et al.*, 2023).

Nova área de conhecimento

Utilizar plenamente os recursos de ChatGPT exige conhecimento de engenharia de *prompt* e uma noção de como funcionam os algoritmos de IA (Knoth *et al.*, 2024). Bayaga (2023) apresentou os caminhos, os perigos e os desafios da IA, da ciência de dados e do processamento de *big data* no ensino de programação para disciplinas não científicas e ciência da computação.

Além disso, há a questão da proteção de dados dos estudantes na questão ética de autorização do uso da base de dados para treinamento de *machine learning* (Bayaga, 2023). Potencial de danos ou discriminação devido à qualidade ou viés dos dados para aprendizado de IA, invasão de privacidade, violação dos direitos, ataques maliciosos, e apresentação de informações imprecisas nas alucinações de IA foram abordadas por Kajiwara e Kawabata (2024).

Com a disseminação de ferramentas de GenAI a partir de 2022, surgiram novos desafios no campo de estudo da AIED, quer nos vários níveis de aprendizagem, quer nas diversas áreas de conhecimento, sobretudo pelo uso ético e moral da IA no mundo do trabalho. Uma outra dimensão é a exigência de aprendizagem para resiliência digital, além da regulamentação sobre a IA do ponto de vista ético, que promove a diversidade, a pluralidade e a responsabilidade social, conforme estudos de Porlezza (2023).

Apesar do avanço acelerado da oferta de aplicativos de IAED, principalmente os baseados em LLM, um dos desafios é a *AI Literacy*, ou seja, a aprendizagem de engenharia de *prompt* (*prompt engineering*), uma área em desenvolvimento (Knoth *et al.*, 2024).

Premissas do pensamento *skinneriano* são usadas para operar os sistemas de IA, *data science* e processamento de *big data* pelo condicionamento operante para reforçar níveis de aprendizagem no estímulo-resposta (Bayaga, 2023). Quando se trata de IA, as teorias psicológicas mais adotadas versam sobre Skinner, Vygotsky e Pavlov (Bayaga, 2023) e constitui um desafio migrar para um modelo interdisciplinar mais centrado no desenvolvimento humano.

Esse modelo behaviorista é influente na AIED, cujo objetivo é criar um sistema capaz de reconhecer padrões de comportamento humano em seu processo de aprendizagem, incluindo métodos preditivos na educação por meio de redes neurais (*complex neural network*). Essas redes neurais são treinadas a partir de um grande número de *data sets* (Bayaga, 2023).

De modo geral, a GenAI pode automatizar tarefas de classificação e avaliação, reduzindo a carga de trabalho do corpo docente e melhorando a precisão da classificação. Pesquisas atuais e tendências para o futuro sugerem que os sistemas de GenAI poderão avaliar uma gama de habilidades e conhecimentos, incluindo proficiência em linguagem, pensamento crítico e resolução de problemas, e fornecer feedback personalizado aos estudantes (Awidi, 2024).

Há uma preocupação com a integridade acadêmica, com as formas de alternativas de avaliação e com a confiabilidade por meio de notas e feedback personalizado; portanto há implicações éticas, filosóficas e legais relacionadas à integração da AIED, afirma Awidi (2024).

O uso ético da AIED foi abordado por Kajiwara e Kawabata (2024), focando nos aspectos de utilidade, justiça e imparcialidade, privacidade e proteção de dados, sobretudo

no uso de ferramentas de LLM na faixa etária entre 12 e 18 anos. Notou-se uma aceitação mais favorável das respostas da LLM para esse público mais jovem.

Segundo Rospigliosi (2021), no contexto de algoritmos e IA é preciso reconhecer os potenciais danos e riscos de sua aplicação, tais como o capitalismo de vigilância que pode direcionar o conteúdo comercial de modo mais intrusivo e intenso na sociedade, como os sistemas de vídeo para controle de cidadãos.

Um dos desafios é a regulamentação das universidades sobre o uso das GenAI, bem como auxiliar os estudantes a explorar ativamente, selecionar e coordenar os recursos disponíveis de GenAI (Foung; Lin; Chen, 2024). Outro ponto de preocupação é como manter a personalidade do discente dentro da engenharia de *prompt* para GenAI, sem perder sua integridade acadêmica, justiça na educação e a voz do autor.

As implicações pedagógicas abordam o esforço docente em promover o uso de várias ferramentas de linguagem on-line para escrita, por exemplo promover a reimaginação e a reprojeção das avaliações, a análise crítica das ferramentas de linguagem on-line e aproveitar o processo de escrita (Foung; Lin; Chen, 2024).

A implicação política está relacionada ao uso equitativo das ferramentas GenAI, ou seja, garantir o acesso dos estudantes às versões premium das versões tradicionais da IA e GenAI por meio da aquisição de assinaturas, além disso é preciso promover a disseminação de treinamento nas GenAI (Foung; Lin; Chen, 2024).

Outro desafio é disseminar uma cultura de alfabetização em IA (*AI Literacy*) nos currículos do ensino superior. Isso inclui avaliar criticamente e se envolver com questões éticas em um campo emergente e em avanço rápido: GenAI (Foung; Jin; Chen, 2024).

Desafios da AIED

São áreas de aplicação da AIED: chatbots, suporte à programação, modelos de linguagem, ferramentas de NLP (*Natural Language Processing*) e sua relação com o desenvolvimento do currículo e método pedagógico no ensino superior (Bayaga, 2023).

Segundo Wollny *et al.* (2021), os *chatbots* são sistemas digitais que podem interagir inteiramente por meio de linguagem natural, por meio de interfaces de texto ou voz. Geralmente os *chatbots* são utilizados no atendimento ao cliente, no aconselhamento a pacientes na área de saúde, ou em serviços de informação em *smart speakers* (e.g. Alexa), e seu uso está sendo ampliado para a educação. Todavia, há uma dimensão ética

a ser desenvolvida em torno da IA sobre benevolência, justiça e equidade, privacidade, proteção de dados pessoais, afirmam Kajiwara e Kawabata (2024).

Um desafio está relacionado à engenharia de *prompt*, que é uma área em desenvolvimento, pois os usuários devem ter habilidade e competência para usar as novas tecnologias dos LLMs, e sobretudo saber distinguir o que é uma alucinação IA, apresentadas na forma de lacunas do senso comum e da compreensão da realidade (Knoth *et al.*, 2024).

Em questão de cultura presente nos textos usados para aprimoramento dos LLMs, é um desafio incluir demais culturas fora dos valores culturais WEIRD, por exemplo, incluir as competências da educação chinesa estabelecidas em 2020: a) competência linguística (ouvir, falar, ler, escrever e visualizar); b) consciência cultural (compreender as culturas chinesa e estrangeira); c) qualidade de pensamento (pensamento lógico, crítico e criativo); e d) competência de aprendizagem (iniciativa e estratégias para aprendizagem independente) (Zheng; Stewart, 2024).

Questões éticas no uso de base de dados estavam presentes em todos os 24 artigos sobre AIED. Essas discussões abordam a aprendizagem para o uso ético de *chatbots* (Kajiwara; Kawabata, 2024), uso ético de dados abertos (Foung; Lin; Chen, 2024), privacidade dos dados dos estudantes (Pack; Barrett; Escalante, 2024), considerações institucionais éticas, filosóficas e legais para uso de dados (Awidi, 2024), regulação de IA e ética (Knoth *et al.*, 2024), vieses éticos relacionados a aspectos culturais e dilemas morais (Zheng; Stewart, 2024), replicação de preconceitos (Misiejuk; Kaliisa; Scianna, 2024), preocupação com a transparência e a ética dos resultados apresentados pela IA (Lee *et al.*, 2024), necessidade de uma integração ponderada e ética da AIED (Fleckenstein *et al.*, 2024), necessidade de estudos sobre as implicações éticas da AIED (Aryadoust; Zakaria; Jia, 2024). Enfim, a aplicação da AIED está acompanhada de uma discussão sobre o uso ético dos dados dos estudantes e professores, pela percepção dos preconceitos e vieses na apresentação dos dados e, sobretudo, na visão crítica das informações resultantes em um LLM.

Na difusão do uso da AIED é preciso focar nos cinco princípios éticos: beneficência, não maleficência, justiça e equidade, autonomia e explicabilidade e responsabilidade (Kajiwara; Kawabata, 2024), muitos deles oriundos da ética biomédica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Historicamente, o uso da tecnologia na educação estava centrado em MOOCs e na educação a distância até o advento do ChatGPT em novembro de 2022 (Chassignol *et al.*, 2018; Devedžić, 2004; Almohammadi *et al.*, 2017). A partir de 2023 os estudos passaram a estar focados no uso da Inteligência Artificial na Educação (AIED), principalmente em atividades de ensino e aprendizagem personalizadas.

Os artigos sobre AIED publicados em 2023 e 2024 mostraram um foco em tecnologias como GenAI e *chatbots* aplicados, sobretudo, na educação superior, e na área de desenvolvimento da escrita e da compreensão da linguagem.

O uso crescente da tecnologia LLM na educação, e.g. ChatGPT, mostra-se promissora na aplicação em áreas como suporte à criatividade, apoio à decisão, e na recuperação da informação, nesta ordem de importância (Kajiwara; Kawabata, 2024).

Como o avanço e o refinamento da GenAI está ocorrendo a uma taxa sem precedentes. À medida que a tecnologia evolui, prevê-se que os LMMs desempenharão um papel cada vez mais integral na avaliação de idiomas, especialmente se os LMMs forem ajustados para o propósito específico de avaliar a linguagem. Com isso, espera-se a capacidade de avaliar de forma confiável, precisa e rápida milhares de amostras de textos escrito (Pack, Barret, Escalante, 2024).

Recomendam-se estudos atualizados, principalmente aplicados na educação brasileira sobre a aplicação da IA tanto no ensino quanto na aprendizagem, mas também na administração da educação, conforme a perspectiva de Chen, Chen e Lin (2020). Para esses autores, a tecnologia aplicada na educação está relacionada ao *machine learning*, ao *learning analytics* e ao *data mining*, e pode ser aplicada tanto no ensino presencial quanto na educação a distância, desde que seja possível gerar uma base de dados sistemática e consistente.

De forma geral, conforme Chen, Chen e Lin (2020), o núcleo da *machine learning* na educação é a descoberta de conhecimento pela análise em conjunto de dados de amostragem (*training data*) para gerar padrões significativos e conhecimento estruturado. O *learning analytics* é um campo de análise de aprendizagem que está focado em sistemas de gerenciamento de conteúdo de aprendizagem e resultados de testes em larga escala. E o *data mining* educacional busca respostas sistemáticas e automatizadas conforme o perfil de cada estudante, ou seja, uma educação customizada e personalizada.

Segundo a Unesco (2024), a AIED (*Artificial Intelligence in Education*) é uma oportunidade de inovação no ensino e aprendizagem, exigindo-se capacitação docente e discente para tal, além da necessidade de implantação de estruturas regulatórias, sobretudo para incluir critérios éticos no mapeamento do comportamento humano no uso da Inteligência Artificial.

Essa revisão de literatura integrativa permitiu identificar, selecionar, avaliar e sintetizar as descobertas sobre AIED. Ela mostrou modelos conceituais sobre esse fenômeno na educação, como engenharia de *prompt*, *chatbots*, *teacherbots*, AES (*Automated essay scoring*), Domínio de IA (*AI Literacy*) e GenAI (Inteligência Artificial Generativa). Também apontou crescente estudo sobre a GenAI no aprimoramento da escrita e revisão de textos acadêmicos.

Os resultados apontam sobre as possibilidades de uso da AIED, sobretudo após a novidade do ChatGPT, desde 2022, popularizando as ferramentas de IA para grande número de usuários e em uma interface mais amigável.

Por fim, há questões éticas no uso de dados dos discentes e aspectos educacionais em termos de literacia em dados, que é a competência de interpretar informações e contextos, mas também na resiliência digital, que é a habilidade de se proteger de ataques cibernéticos. Abrem-se novas oportunidades na formação dos professores para utilizar a IA para otimizar atividades de ensino e para personalizar a aprendizagem nos vários níveis educacionais conforme o perfil do discente. Há uma grande preocupação no uso de informações pessoais pela IA, e maior aceitação do uso em suporte criativo, suporte à decisão e recuperação de informação.

Recomendam-se mais pesquisas para explorar o uso da IA tradicional e da GenAI e suas formas de contribuição para o aprendizado dos estudantes, bem como um acompanhamento da legislação sobre o uso ético de dados e informações de estudantes e professores em processos de *machine learning*.

REFERÊNCIAS¹⁵

ALMOHAMMADI, Khalid; HAGRAS, Hani; ALGHAZZAWI, Daniyal; ALDABBAGH, Ghadah. A survey of artificial intelligence techniques employed for adaptive educational systems within e-learning platforms. *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, v. 7, n. 1, p. 47-64, 2017.

¹⁵ Os artigos que compõem a revisão de literatura sobre GenAI estão assinalados com (*).

ARYADOUST, Vahid; ZAKARIA, Azrifah; JIA, Yichen. Investigating the affordances of OpenAI's large language model in developing listening assessments. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 1100204, 2024 (*)

AWIDI, Isaiah T. Comparing expert tutor evaluation of reflective essays with marking by generative artificial intelligence (AI) tool. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 100226, 2024 (*)

BANH, Leonardo; STROBEL, Gero. Generative artificial intelligence. *Electronic Markets*, v. 33, n. 63, 2023.

BARDIN, Laurence. **Análise de Conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BAUMEISTER, Roy F.; LEARY, Mark R. Writing narrative literature reviews. *Review of General Psychology*, v. 1, p. 311-320, 1997.

BAYAGA, Anass. Using data science and artificial intelligence to improve teaching and learning. *Alternation Interdisciplinary Journal for the Study of the Arts and Humanities in Southern Africa*, v. 39, n. 1, 2023.

BEZIRHAN, Ummugul; DAVIER, Matthias von. Automated reading passage generation with OpenAI's large language model. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 5, n. 100161, 2023 (*)

CHANG, Qingqing; PAN, Xiajie; MANIKANDAN, N.; RAMESH, S. Artificial intelligence technologies for teaching and learning in higher education. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, v. 29, n. 5, 2022.

CHASSIGNOL, Maud; KHOROSHAVIN, Aleksandr; KLIMOVA, Alexandra; BILYATDINOVA, Anna. Artificial intelligence trends in education: a narrative overview. *Procedia Computer Science*, p. 16-24, 2018.

CHAUNCEY, Sarah A.; MCKENNA, H. Patricia. A framework and exemplars for ethical and responsible use of AI Chatbot technology to support teaching and learning. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 5, n. 100182, 2023 (*)

CHEN, Bodong; ZHU, Xinran; CASTILLO, Fernando Díaz del. Integrating generative AI in knowledge building. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 5, n. 100184, 2023 (*)

CHEN, Lijia; CHEN, Pingping; LIN, Zhijian. Artificial intelligence in education: a review. *IEEE Access*, v. 8, p. 75264-75278, 2020.

CHENG, Xu; DUNN, Ryan; HOLT, Travis; INGER, Kerry; JENKINS, J. Gregory; JONES, J. Jefferson; LONG, James H.; LORAAS, Tina; MATHIS, Mollie; STANLEY, Jonathan; WOOD, David A. Artificial intelligence's capabilities, limitations, and impact on accounting education: investigating chatgpt's performance on educational accounting cases. *Issues in Accounting Education*, v. 39, n. 2, p. 23-47, 2024.

CHEUNG, Kason Ka Ching; LONG, Yun; LIU, Qian; CHAN, Ho-Yin. Unpacking epistemic insights of artificial intelligence (AI) in science education: a systematic review. *Science & Education*, 2024.

COPPIN, Ben. *Artificial intelligence illuminated*. Boston, MA: Jones and Bartlett, 2004.

DAVIS, Jaqueline; MENGERSEN, Kerrie; BENNETT, Sarah; MAZEROLLE, Lorraine. Viewing systematic reviews and meta-analysis in social research through different lenses. *SpringerPlus*, v. 3, n. 511, 2014.

DEVEDŽIĆ, Vladan. Web Intelligence and artificial intelligence in education. *Educational Technology & Society*, v.7, n.4, p. 29-39, 2004.

EINARSSON, Hafsteinn; LUND, Sigrún Helga; JÓNSDÓTTIR, Anna Helga. Application of ChatGPT for automated problem reframing across academic domains. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 6, n. 100194, 2024 (*)

ESSEL, Harry Barton; VLACHOPOULOS, Dimitrios; ESSUMAN, Albert Benjamin; AMANKWA, John Opuni. ChatGPT effects on cognitive skills of undergraduate students: Receiving instant responses from AI-based conversational large language models (LLMs). *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 6, n. 100198, 2024 (*)

FLECKENSTEIN, Johanna; MEYER, Jennifer; JANSEN, Thorben; KELLER, Stefan D.; KÖLLER, Olaf; MÖLLER, Jens. Do teachers spot AI? Evaluating the detectability of AI-generated texts among student essays. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 6, n. 100209, 2024 (*)

FOUNG, Dennis; LIN, Linda; CHEN, Julia. Reinventing assessments with ChatGPT and other online tools: Opportunities for GenAI-empowered assessment practices. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 6, n. 100250, 2024 (*)

HALLAL, Kassem; HAMDAN, Rasha; TLAIS, Sami. Exploring the potential of AI-Chatbots in organic chemistry: An assessment of ChatGPT and Bard. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 5, n. 100170, 2023 (*)

JANIESCH, Christian; ZSCHECH, Patrick; HEINRICH, Kai. Machine learning and deep learning. *Electronic Markets*, v. 31, n. 3, p. 685-695, 2021.

KAJIWARA, Yusuke; KAWABATA Kouhei. AI literacy for ethical use of chatbot: Will students accept AI ethics? **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 100251, 2024 (*)

KNOTH Nils; TOLZIN, Antonia; JANSON, Andreas; LEIMEISTER, Jan Marco. AI literacy and its implications for prompt engineering strategies. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 100225, 2024 (*)

LEE, Gyeong-Geon; LATIF, Ehsan; WU, Xuansheng; LIU, Ninghao; ZHAI, Xiaoming. Applying large language models and chain-of-thought for automatic scoring. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 100213, 2024 (*)

LI, Yuheng; SHA, Lele; YAN, Lixiang; LIN, Jionghao; RAKOVIĆ, Mladen; Kirsten GALBRAITH; Kayley LYONS; Dragan GAŠEVIĆ; Guanliang CHEN. Can large language models write reflectively. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 4, n. 100140, 2023 (*)

LIBERATI, Alessandro; ALTMAN, Douglas G.; TETZLAFF, Jennifer; MULROW, Cynthia; GÖTZSCHE, Peter C.; IOANNIDIS, John P. A., CLARKE, Mike; DEVEREAUX, P. J.; KLEIJNEN, Jos; MOHER, David. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *Journal of Clinical Epidemiology*, v. 62, n. 10, p. e1-e34, 2009.

MAPHOSA, Vusumuzi; MAPHOSA, Mfowabo. Artificial intelligence in higher education: a bibliometric analysis and topic modeling approach. *Applied Artificial Intelligence*, v. 37, n. 1, 2023.

MEYER, Jennifer; JANSEN, Thorben; SCHILLER, Ronja; LIEBENOW, Lucas W.; STEINBACH, Marlene; HORBAC, Andrea; FLECKENSTEIN, Johanna. Using LLMs to bring evidence-based feedback into the classroom: AI-generated feedback increases secondary students' text revision, motivation, and positive emotions. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 100199, 2024 (*)

MISIEJUK, Kamila; KALIISA, Rogers; SCIANNA, Jennifer. Augmenting assessment with AI coding of online student discourse: A question of reliability. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 100216, 2024 (*)

MOORHOUSE, Benjamin Luke. Beginning and first-year language teachers' readiness for the generative AI age. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 100201, 2024 (*)

PACK, Austin; BARRET, Alex; ESCALANTE, Juan. Large language models and automated essay scoring of English language learner writing: Insights into validity and reliability. **Computers and Education: Artificial Intelligence**, v. 6, n. 100234, 2024 (*)

PORLEZZA, Colin. Promoting responsible AI: A european perspective on the governance of artificial intelligence in media and journalism. *Communications*, v. 48, n. 3, p. 370-394, 2023.

PURSNANI, Vinay; SERMET, Yusuf; KURT, Musa; DEMIR, Ibrahim. Performance of ChatGPT on the US fundamentals of engineering exam: Comprehensive assessment of proficiency and potential implications for professional environmental engineering practice. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 5, n. 100183, 2023 (*)

RAHMAN, Md Mostafizer, WATANOBÉ, Yutaka. ChatGPT for education and research: Opportunities, threats, and strategies. *Applied Sciences*, v. 13, n. 9, 2023.

RENZELLA, Jake; CAIN, Andrew; SCHNEIDER, Jean-Guy. Verifying student identity in oral assessments with deep speaker. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 3, n. 100044, 2022

ROSPIGLIOSI, Pericles Asher. Artificial intelligence in teaching and learning: what questions should we ask of ChatGPT? *Interactive Learning Environments*, v. 31, p. 1–3, 2023.

ROSPIGLIOSI, Pericles Asher. The risk of algorithmic injustice for interactive learning environments. *Interactive Learning Environments*, v. 29, n. 4, p. 26, 2021.

SNYDER, Hannah. Literature review as a research methodology: An overview and guidelines, *Journal of Business Research*, v. 104, p. 333-339, 2019.

STEELE, Jennifer L. To GPT or not GPT? Empowering our students to learn with AI. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, Volume 5, 2023, n. 100160, 2023 (*)

TATE, Tamara P.; STEISS Jacob; BAILEY Drew; GRAHAM, Steve; MOON, Youngsun; RITCHIE, Daniel; TSENG, Waverly, WARSCHAUER, Mark. Can AI provide useful holistic essay scoring? *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 7, n. 100255, 2024 (*)

TIMMS, Michael J. Letting artificial intelligence in education out of the box: educational cobots and smart classrooms. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, v. 26, n. 2, p. 701-712, 2016.

TORRACO, Richard J. Writing integrative literature reviews: guidelines and examples. *Human Resource Development Review*, v. 4, p. 356–367, 2005.

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. *Artificial intelligence in education*. Disponível em: Acesso em: 24 jun. 2024.

WALKINGTON, Candace; BERNACKI, Matthew. Apraising research on personalized learning: definitions, theoretical alignment, advancements, and future directions. *Journal of Research on Technology in Education*, v. 52, n. 3, p. 235-252, 2020.

WANG, Chaoran; LI, Zixi; BONK, Curtis. Understanding self-directed learning in AI-Assisted writing: A mixed methods study of postsecondary learners. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 6, n. 100247, 2024 (*)

WHITBY, Blay. *Artificial intelligence: a beginner's guide*. Oxford, UK: Oneworld, 2008.

WIBOOLYASARIN, Watcharapol; WIBOOLYASARIN, Kanokpan; SUWANWIHOK, Kanpabhat; JINOWAT, Nattawut; MUENJANCHOEY, Renu. Synergizing collaborative writing and AI feedback: An investigation into enhancing L2 writing proficiency in wiki-based environments. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v. 6, n. 100228, 2024 (*)

WOLLNY, Sebastian; SCHNEIDER, Jan; DI MITRI, Daniele; WEIDLICH, Joshua; RITTBERGER, Marc; DRACHSLER, Hendrik. Are we there yet? A systematic literature review on chatbots in education. *Frontiers Artificial Intelligence*, 2021, v. 4, n. 654924, 2021.

WONG, Geoff; GREENHALGH, Trish; WESTHORP, Gill; BUCKINGHAM, Jeanette; PAWSON, Ray. RAMESES publication standards: Meta-narrative reviews. *BMC Medicine*, v. 11, n. 20, 2013.

ZHENG, Yangsheng; STEWART, Nicola. Improving EFL students' cultural awareness: Reframing moral dilemmatic stories with ChatGPT. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, v.6, n. 100223, 2024 (*)

ZHONG, Ning; LIU, Jiming; YAO, Yiyu. In search of the wisdom web. Guest editor's introduction. *IEEE Computer*, v. 35, n. 11, p. 27-31, 2002.