



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
NÚCLEO DE EDUCAÇÃO À DISTÂNCIA
CURSO DE LICENCIATURA EM MATEMÁTICA

Magda Jordana Fernandes

**A Aplicação da Inteligência Artificial no Ensino e Aprendizagem da Matemática:
Uma Revisão Teórica**

MOSSORÓ

2024

Magda Jordana Fernandes

**A Aplicação da Inteligência Artificial no Ensino e Aprendizagem da Matemática:
Uma Revisão Teórica**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Licenciada em
Matemática.

Orientadora: Rosilda Sousa Santos, Prof^a. Dr^a.

MOSSORÓ

2024

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

FF363 Fernandes, Magda Jordana.
a A Aplicação da Inteligência Artificial no
Ensino e Aprendizagem da Matemática: Uma Revisão
Teórica / Magda Jordana Fernandes. - 2024.
31 f. : il.

Orientadora: Rosilda Sousa Santos.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Licenciatura em
Matemática, 2024.

1. tecnologias educacionais. 2. ferramentas
inteligentes. 3. educação. 4. ciências exatas. I.
Santos, Rosilda Sousa, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade
com AACR2 e os dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Biblioteca Campus Mossoró / Setor de Informação e Referência
Bibliotecária: Keina Cristina Santos Sousa e Silva
CRB: 15/120

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

Magda Jordana Fernandes

**A Aplicação da Inteligência Artificial no Ensino e Aprendizagem da Matemática:
Uma Revisão Teórica**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido como requisito para obtenção do título de Licenciada em Matemática.

Defendida em: 10 / 12 / 2024.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente



ROSILDA SOUSA SANTOS

Data: 10/12/2024 20:26:57-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Rosilda Sousa Santos, Prof^ª. Dr^ª. (UFERSA)

Presidente

Documento assinado digitalmente



MARIA JOSEANE FELIPE GUEDES MACEDO

Data: 10/12/2024 16:37:21-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Maria Joseane Felipe Guedes Macedo, Prof^ª. Dr^ª. (UFERSA)

Membro Examinador

Documento assinado digitalmente



KELYANE BARBOZA DE ABREU

Data: 10/12/2024 19:25:33-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Kelyane Barboza de Abreu, Prof^ª. Dr^ª. (UFERSA)

Membro Examinador

Aos alunos incríveis que já tive, pois com seus questionamentos e contribuições me fazem acreditar que nem tudo está perdido. Há beleza na educação!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por Sua bondade e misericórdia que me seguem todos os dias. Por me amar, apesar de meus muitos pecados. Por ser minha força em tempos difíceis. Pela oportunidade de vencer mais esta etapa. Sem Ele nada disso seria possível!

A meu marido Vidal Neto, pelo amor, cuidado e compreensão diante da rotina atarefada ao longo do curso. Pela companhia, apoio e palavras de ânimo, que tornam os dias mais leves. Te amo!

A meus pais, Maria Lúcia e Júnior, pelo incentivo aos estudos durante toda minha vida. Pelo apoio na caminhada acadêmica, pela ajuda sempre que preciso. Amo vocês!

À minha irmã Fernanda Larissa. Obrigada por estar sempre perto, e por dividir tantas fases e etapas da vida sempre com muita leveza e diversão. Te amo!

Aos colegas de trabalho e de profissão, tão importantes durante o curso. Pelas vezes em que foram companhia, em que me arrancaram tantos risos, deixando a carga mais fácil de ser levada.

À prof.^a Rose Santos. Pelo voto de confiança e acolhimento na orientação deste trabalho. Pela disposição em me orientar, pela paciência e tranquilidade, que foram essenciais. Por colaborar na realização de um sonho. Muito obrigada!

“Confie no Senhor de todo o seu coração, e
não se apoie no seu próprio entendimento”.
Provérbios 3:5
(Bíblia Sagrada - NAA)

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar o estado atual da aplicação da inteligência artificial (IA) no ensino e aprendizagem de matemática. Realizou-se uma revisão sistemática da literatura nas seguintes etapas: identificação, seleção e inclusão de artigos de quatro bases de dados, resultando em 9 artigos, que foram submetidos a uma análise minuciosa para a identificação de anos de publicação, metodologia utilizada, instrumentos de coleta de dados, ferramentas de IA usadas, e a aplicação da inteligência artificial mencionada nesses estudos. Os resultados indicam um aumento ao longo dos anos no número de pesquisas relacionadas à inteligência artificial na educação matemática, a maioria delas qualitativa. Os instrumentos mais frequentes são revisões sistemáticas e testes práticos com IA. Além disso, os estudos mostram que a IA tem o potencial de transformar o ensino de matemática ao oferecer personalização do aprendizado, feedback imediato, e interatividade, fatores que contribuem para o desenvolvimento das habilidades cognitivas dos alunos. No entanto, também foram identificados desafios, como a dependência tecnológica, erros nas respostas da IA e questões éticas relacionadas ao uso de dados dos alunos. O estudo concluiu que, embora a IA seja uma ferramenta poderosa, ela deve ser utilizada de forma complementar ao ensino tradicional, com a supervisão dos professores, para garantir que o aprendizado dos alunos seja significativo e ético. Nos artigos estudados, não há evidências de pesquisas no âmbito socioemocional ou relacionado a alunos com deficiência. Em poucos estudos de pesquisa há discussão sobre a infraestrutura limitada em grande parte dos ambientes escolares.

Palavras-chave: tecnologias educacionais; ferramentas inteligentes; educação; ciências exatas.

ABSTRACT

This study aims to analyze the current state of the art in the application of artificial intelligence (AI) in mathematics teaching and learning. A systematic literature review was conducted in the following steps: identification, selection, and inclusion of articles from four databases, resulting in 9 articles, which were subjected to a thorough analysis to identify the years of publication, methodology used, data collection instruments, AI tools used, and the application of artificial intelligence mentioned in these studies. The results indicate an increase over the years in the number of studies related to artificial intelligence in mathematics education, most of them qualitative. The most frequent instruments are systematic reviews and practical tests with AI. In addition, the studies show that AI has the potential to transform mathematics teaching by offering personalized learning, immediate feedback, and interactivity, factors that contribute to the development of students' cognitive skills. However, challenges were also identified, such as technological dependence, errors in AI responses, and ethical issues related to the use of student data. The study concluded that although AI is a powerful tool, it should be used in a complementary way to traditional teaching, with teacher supervision, to ensure that student learning is meaningful and ethical. In the articles studied, there is no evidence of research in the socio-emotional field or related to students with disabilities. In a few research studies, there is discussion of the limited infrastructure in most school environments.

Keywords: educational technologies; smart tools; education; exact sciences.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Quantidade de artigos publicados por ano	24
Figura 2 – Metodologia utilizada pelos autores	25
Figura 3 – Instrumentos de coleta de dados	25

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Artigos selecionados para a Revisão de Literatura	22
Quadro 2 – Ferramentas de IA citadas nos trabalhos em análise	26
Quadro 3 – Aplicação da IA no ensino da matemática	27

LISTA DE SIGLAS

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

ChatGPT - Generative Pre-trained Transformer

IA - Inteligência Artificial

RSL - Revisão Sistemática de Literatura

SciELO- Biblioteca Eletrônica Científica Online

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Objetivo Geral	12
1.2	Objetivos Específicos	12
1.3	Escopo do trabalho	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1	O impacto da inteligência artificial na educação escolar: o que diz a literatura?	14
2.1.1	Histórico da IA e suas aplicações na educação	14
2.1.2	Estudos sobre o uso de IA em matemática	16
2.1.3	Comparação entre métodos tradicionais de ensino e o uso de IA	17
2.1.4	Desafios e oportunidades da IA no ensino de matemática	17
3	METODOLOGIA	20
3.1	Descrição da abordagem teórica e documental	20
3.2	Critérios de seleção de fontes e estudos	20
3.3	Análise qualitativa dos dados coletados	23
4	ANÁLISE E DISCUSSÃO	24
5	CONCLUSÃO	29
	REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA), segundo Wang et al. (2024), é um subcampo da ciência da computação que tem como objetivo “entender os processos de pensamento humano e recriar seus efeitos por meio de sistemas de informação”. Rainer et al. (2016) confirma o mesmo pensamento, afirmando que o objetivo principal da IA é criar sistemas avançados, como softwares ou dispositivos mecânicos, capazes de exibir comportamentos inteligentes, incluindo habilidades como “aprender, raciocinar, solucionar problemas, perceber o ambiente e criar”.

De acordo com Couch (2023), a IA até o momento de sua pesquisa, impactou de modo considerável inúmeros setores da sociedade, como “o uso de plataformas de mídia social, smartphones, robótica, aplicativos de fotos e tecnologias de reconhecimento facial e de voz”. O próximo avanço aconteceria em áreas que envolvem de forma direta a participação humana, como “saúde, setor bancário, transporte, veículos híbridos, aeronaves autônomas, impressão de órgãos e até viagens espaciais domésticas”. Diante disso, o maior desafio será acompanhar a rápida evolução dessas tecnologias, que estão tomando cada vez mais lugar no cotidiano das pessoas.

Um dos setores em que o uso de tecnologias de IA é totalmente compatível é o setor da educação, já que as atividades educacionais como o ensino e a aprendizagem demandam alto nível de cognição e conhecimento. Devido à sua utilização de algoritmos e bases de conhecimento para compreender e resolver problemas, são capazes de servir como apoio e aprimorar as habilidades de educadores e de alunos ao longo dos processos de ensino e aprendizagem (Wang et al., 2024). Dessa forma, é possível observar a IA atingindo o setor educacional, principalmente devido ao seu avanço nos últimos anos, de modo a contribuir também com o ensino e a aprendizagem de diversas disciplinas curriculares.

Uma das áreas do ensino em que a IA pode ser aplicada é a matemática. O ensino da matemática tem como objetivo desenvolver nos estudantes a habilidade de resolver problemas, podendo ser, muitas vezes, complexo e repleto de desafios, visto que, muitos alunos sentem dificuldade em finalizar tarefas matemáticas que exigem múltiplas etapas de resolução (Stephan et al., 2015). Assim, vários pesquisadores ao longo dos anos tentaram elaborar inúmeras estratégias e recursos de aprendizagem com o objetivo de melhorar os resultados dos alunos (Bray e Tangney, 2017).

Diante do contexto relatado, a inteligência artificial surge como uma alternativa estratégica para o ensino da matemática. O seu uso recente deixa lacunas quanto ao impacto

dessa ferramenta no âmbito educacional. Nesse sentido, o presente trabalho busca responder a seguinte questão norteadora: quais as principais contribuições e desafios da IA para o ensino da matemática?

1.1 Objetivo geral

Investigar os estudos realizados sobre o uso da inteligência artificial para o ensino da matemática, a fim de compreender suas contribuições e desafios.

1.2 Objetivos específicos

- a) elaborar um referencial teórico sobre os principais conceitos que sustentam a aplicação da IA como recurso no ensino de matemática;
- b) analisar os resultados presentes nos trabalhos consultados;
- c) refletir sobre sugestões para um uso ético e eficaz da IA segundo os autores.

1.3 Escopo do trabalho

No Capítulo 2, será apresentada a revisão bibliográfica, iniciando com o tópico intitulado “O impacto da inteligência artificial na educação escolar: o que diz a literatura?”. Esse tópico explora a relação entre a inteligência artificial (IA) e o ensino de matemática, sendo subdividido em quatro partes:

1. Um breve histórico do uso da IA na educação.
2. As possíveis aplicações dessa tecnologia no contexto escolar.
3. Um comparativo entre os métodos de ensino tradicionais e as abordagens baseadas em IA.
4. Desafios e oportunidades da IA no ensino de matemática.

A fundamentação teórica deste capítulo baseia-se em uma bibliografia previamente selecionada, resultante de uma revisão sistemática da literatura, garantindo embasamento acadêmico e rigor metodológico.

Capítulo 3 corresponde a metodologia, onde é detalhado todo o percurso metodológico adotado. São apresentadas as etapas do levantamento de dados, a triagem com base em critérios de inclusão e exclusão, e, por fim, a análise dos trabalhos selecionados, organizada a partir de categorias definidas previamente. Esse processo tem como objetivo compreender os

principais achados da pesquisa, bem como identificar possíveis lacunas que poderão ser exploradas em estudos futuros.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O impacto da inteligência artificial na educação escolar: o que diz a literatura?

O avanço das tecnologias ao longo dos anos sempre gerou um impacto direto na educação. Assim como foi com a chegada do computador, os questionamentos acerca da aplicação das tecnologias no ensino escolar persistem nos dias atuais, mas agora as discussões giram em torno do significativo avanço da inteligência artificial.

Recentemente, em 2019, mais de 500 representantes de Estados-membros das Nações Unidas se reuniram em Beijing para a Conferência Internacional sobre Inteligência Artificial (IA) e Educação. Pensando na urgente necessidade de tratar acerca do avanço da IA, os participantes procuraram discutir acerca das aplicações desse recurso no âmbito educacional, a fim de não limitar os avanços, mas dirigi-los de modo a contribuir com o ensino e a aprendizagem (UNESCO, 2019).

Dessa forma, os caminhos entre a inteligência artificial e a educação perpassam, fomentando programas de aprendizagem adaptativa, capazes de identificar as necessidades individuais dos estudantes (Barreira et al., 2024). Nesse sentido, tais ferramentas se tornaram aliadas ao ensino de matemática. Segundo Borges (2023), a IA tem o potencial de aumentar o engajamento dos alunos, especialmente em matemática, que para muitos é desmotivadora, ao apresentar caminhos variados, segundo a necessidade de cada discente.

Portanto, nas subseções a seguir, será discorrido acerca do histórico da inteligência artificial, de seu surgimento até o encontro com o setor educacional, descrevendo possíveis aplicações no ensino da matemática. Também será possível refletir acerca de suas implicações fazendo um comparativo com os métodos tradicionais de ensino.

2.1.1 Histórico da IA e suas aplicações na educação

A inteligência artificial (IA), apesar de parecer uma tecnologia recente, tem um longo caminho trilhado até o presente momento. Na obra do filósofo, físico e matemático francês René Descartes, nomeada “Discurso sobre o Método”, de 1637, havia o reconhecimento da importância e capacidades das máquinas, mas acima de tudo, a dependência que elas tinham da inteligência humana (Couch, 2023). Nesse período, ainda não existia o termo “inteligência artificial”, que veio a ser cunhado somente em 1956, por John McCarthy, durante a conferência de Dartmouth (Voskoglou e Salem, 2020).

A IA pode ser definida como o ramo da ciência da computação que tem por finalidade a criação de sistemas que executam tarefas que exigem inteligência humana, detectando padrões em dados e tomando decisões baseado neles. Por isso é um campo de estudo capaz de abranger diversas áreas (Costa Júnior et al., 2023). No início de suas aplicações, estava centrada em inúmeros tipos de tarefas de resolução de problemas relacionadas à tomada de decisões (como a demonstração de teoremas ou estratégias de jogos de xadrez), e eram modeladas através de uma árvore de decisão (Panqueban e Huincahue, 2024). Essas primeiras aplicações já mostram o potencial da IA e sua vasta gama de aplicações e possibilidades, e o setor da educação é um deles.

Na educação, a IA começou a ser explorada como uma ferramenta para otimizar processos de ensino-aprendizagem (Souza et al., 2023). Uma das aplicações foi de tutor inteligente (Hwang e Tu, 2021) onde a IA simula o papel dos professores para fornecer aos estudantes uma orientação personalizada, feedback ou suporte durante o processo de aprendizagem, e isto foi demonstrado por vários pesquisadores. Essas características enquadram a IA como uma resposta a inúmeras limitações do ensino ao longo da história, como por exemplo a falta de suporte individualizado à necessidade de cada estudante.

Medeiros et al. (2024) ressaltam que a IA tem se destacado como uma ferramenta poderosa para transformar os processos de ensino e aprendizagem, e recursos baseados em IA, como o ChatGPT, estão sendo cada vez mais utilizados para esta finalidade, oferecendo experiências interativas aos alunos, gerando mais autonomia e eficiência nas aulas.

Inovações recentes, como o lançamento de modelos mais sofisticados, incluindo o ChatGPT e o Gemini, incorporam funcionalidades como suporte multimodal (texto, áudio, imagem) e adaptação em tempo real (Marques, Sant’Ana, 2024). Apesar de suas limitações técnicas, essas tecnologias expandem as possibilidades de interação e aprendizado em ambientes educacionais.

No geral, a evolução da IA na educação reflete um movimento de transição entre paradigmas. Se, por um lado, ela modernizou práticas pedagógicas e ampliou as possibilidades de ensino, por outro, trouxe à tona debates sobre sua implementação responsável e sustentável. Autores como Hwang e Tu (2021) e Medeiros et al. (2024) convergem na visão de que a IA deve atuar como uma ferramenta complementar, nunca substituindo a interação humana, mas potencializando-a.

Pensando nessas discussões, a Conferência Internacional de Beijing culminou em um consenso acerca da inteligência artificial e a educação. Na ocasião, o documento “Planejando a educação na era da IA: liderar o avanço” foi redigido, no qual os participantes apontam:

Revisamos as tendências recentes na evolução da IA e seu profundo impacto nas sociedades humanas, economias e mercado de trabalho, bem como nos sistemas de educação e aprendizagem ao longo da vida. Examinamos as implicações da IA para o futuro do trabalho e o desenvolvimento de habilidades e consideramos seu potencial para reformular as bases fundamentais da educação, ensino e aprendizagem (Unesco, 2019).

Logo, percebe-se que há o reconhecimento mundial acerca do grande impacto da IA para a educação. E nesse sentido, há também uma busca por aplicações eficazes no ensino e aprendizagem de discentes, bem como no preparo didático de professores.

2.1.2 Estudos sobre o uso de IA em matemática

A aplicação da inteligência artificial (IA) no ensino de matemática tem se consolidado como uma ferramenta inovadora para personalizar a aprendizagem, melhorar a resolução de problemas e aumentar o engajamento dos alunos. Essa tendência é corroborada por diversos autores, explorando de sistemas tutores inteligentes até chatbots, como o ChatGPT (Barreira et al., 2024; Borba e Balbino Junior, 2023; Opesemowo e Adewuyi, 2024; Santos et al., 2023).

Ferramentas baseadas em IA ajudam os alunos a resolver problemas complexos, estimulando o pensamento crítico (Mohamed et al., 2022). O ChatGPT, por exemplo, é mencionado como uma solução eficaz para abordar desde conceitos básicos até cálculos avançados, como parábolas e funções polinomiais (Santos et al., 2023).

Apesar dos avanços, os desafios são evidentes. Embora a IA seja eficaz para tarefas padronizadas, a complexidade de certos problemas matemáticos pode levar a erros. A necessidade de supervisão da ferramenta por parte do professor é destacada por Voskoglou e Salem (2020), que alertam que a dependência excessiva da tecnologia pode enfraquecer habilidades fundamentais, como o raciocínio lógico.

Outro aspecto importante abordado na literatura é a capacidade da IA de ampliar o acesso ao conhecimento. Santos et al. (2023) apontam que ferramentas de IA são particularmente úteis na criação de listas de exercícios e na organização do conteúdo, permitindo aos professores focar em aspectos mais pedagógicos do ensino.

Ademais, o uso de IA em matemática não se limita a resolver problemas ou personalizar conteúdo. Hwang e Tu (2021) discutem a aplicação da IA na análise preditiva, que ajuda a prever o desempenho dos alunos com base em padrões de comportamento, permitindo intervenções mais assertivas. Essa funcionalidade reforça o papel da IA como um recurso estratégico no ensino.

Embora a IA traga benefícios consideráveis, autores como Mohamed et al. (2022) enfatizam a necessidade de uma abordagem ética e reflexiva. Questões como a privacidade de dados e a dependência excessiva da tecnologia são preocupações que devem ser consideradas ao integrar essas ferramentas no contexto educacional.

Em síntese, os estudos revisados convergem para a ideia de que a IA representa uma evolução significativa no ensino de matemática. Ao combinar personalização, interatividade e suporte em tempo real, essas ferramentas se mostram promissoras para transformar práticas pedagógicas. No entanto, os desafios técnicos e éticos reforçam a importância de integrar a IA de maneira equilibrada, com supervisão docente e uso responsável.

2.1.3 Comparação entre métodos tradicionais de ensino e o uso de IA

O ensino tradicional de matemática se baseia em um ritmo uniforme para todos os alunos, muitas vezes sem a flexibilidade necessária para lidar com diferentes níveis de compreensão. Essa abordagem, embora eficaz em algumas situações, limita a capacidade de personalizar a aprendizagem para atender às necessidades específicas de cada aluno. Já a IA possibilita um ensino mais personalizado, se adaptando melhor ao ritmo de aprendizagem de cada aluno.

A IA permite que os alunos obtenham orientação imediatamente após cometer um erro, o que, segundo Hwang e Tu (2021), acelera o processo de aprendizagem ao corrigir falhas enquanto ainda estão frescas na mente do aluno. Essa abordagem é particularmente útil em matemática, onde a resolução de problemas muitas vezes depende de uma sequência de passos lógicos, e um erro cometido em uma etapa pode comprometer todo o processo subsequente.

Por outro lado, o uso de IA no ensino de matemática também enfrenta desafios que os métodos tradicionais podem não ter. A IA, embora complexa, ainda depende de algoritmos e modelos que podem cometer erros, especialmente em tarefas ou contextos que exigem um julgamento mais refinado.

2.1.4 Desafios e oportunidades da IA no ensino de matemática

A aplicação da inteligência artificial (IA) no ensino de matemática oferece oportunidades notáveis, mas também apresenta desafios significativos que precisam ser considerados para garantir seu uso eficaz e ético. A literatura aborda essas questões de

maneira detalhada, destacando tanto os avanços proporcionados pelas novas tecnologias quanto às limitações que ainda precisam ser superadas.

Uma das maiores aplicações oferecidas pela IA ao ensino de matemática é a personalização do aprendizado, permitindo que o conteúdo seja adaptado ao ritmo e às necessidades de cada aluno, um benefício significativo em comparação aos métodos tradicionais de ensino, onde todos os alunos seguem o mesmo ritmo, independentemente das suas habilidades individuais.

A personalização também contribui para uma abordagem mais individualizada, o que é crucial em disciplinas complexas como a matemática. Hwang e Tu (2021) enfatizam que, ao fornecer feedback instantâneo e detalhado, a IA pode identificar rapidamente as lacunas no conhecimento dos alunos e oferecer recursos direcionados para sanar essas dificuldades.

Santos et al. (2023) reforçam que, ao utilizar IA, os alunos podem receber suporte imediato, o que facilita o entendimento de conceitos difíceis, como álgebra, cálculo e geometria. Essa personalização permite que o ensino seja ajustado em tempo real, algo que os métodos tradicionais de ensino não conseguem realizar de forma tão eficaz.

Outra aplicação significativa é o feedback instantâneo e contínuo, que é uma característica única das tecnologias baseadas em IA. De acordo com Opeyemowo e Adewuyi (2024), a IA oferece uma interação mais dinâmica e imediata com os alunos, proporcionando correções imediatas de erros, o que acelera o processo de aprendizagem, e também pode explicar os erros de forma detalhada, ajudando os alunos a entender não apenas o erro cometido, mas também os passos para solucioná-lo corretamente. Essa abordagem ajuda a prevenir a repetição de erros e a melhorar o desempenho dos alunos ao longo do tempo.

Além disso, o uso ético e a privacidade dos dados são questões críticas quando se trata de implementar IA nas escolas. Hwang e Tu (2021) discutem a preocupação com a coleta de dados pessoais dos alunos, incluindo informações sobre seu desempenho acadêmico. A transparência no uso dessas informações e o consentimento informado dos alunos e suas famílias são fundamentais para garantir a confiança no sistema. A IA, se não for devidamente regulamentada, pode se tornar uma ferramenta que viola a privacidade dos alunos ou, no pior cenário, é usada para manipular ou explorar dados pessoais sem o devido controle.

Outro desafio que deve ser abordado é a formação de professores. A falta de treinamento adequado pode resultar no uso ineficiente das ferramentas, limitando seu potencial. É crucial que os professores recebam capacitação contínua para lidar com as novas tecnologias e entender como usá-las de forma pedagógica, respeitando as limitações e aproveitando as oportunidades que elas oferecem.

Por fim, apesar dos desafios, as oportunidades que a IA oferece no ensino de matemática são promissoras. A personalização, o feedback instantâneo, a interatividade e o suporte para o ensino de conceitos complexos abrem novas possibilidades para melhorar a qualidade da educação matemática. Como apontado por Santos et al. (2023), é necessário que o uso da IA seja equilibrado e ético, garantindo que a tecnologia complemente, e não substitua o papel fundamental do professor na orientação do aprendizado.

3 METODOLOGIA

3.1 Descrição da abordagem teórica e documental

O presente trabalho é baseado em uma abordagem teórica e documental, concentrando-se exclusivamente na análise de estudos previamente publicados. Não há coleta de dados primários, uma vez que o objetivo principal é compreender, sintetizar e discutir os avanços, desafios e oportunidades relacionados à aplicação da IA no ensino de matemática.

Conforme os objetivos, a presente pesquisa qualitativa apresenta caráter exploratório, ao buscar obter uma visão geral acerca da temática proposta e também classifica-se como do tipo bibliográfica, uma vez que baseia-se em materiais já publicados (Gil, 2002). Quanto ao método traçado, segue a revisão sistemática de literatura (RSL), cujo fim é sumarizar pesquisas já existentes acerca da temática delimitada, bem como, selecionar e analisar de modo a garantir um caráter de transparência e reprodutibilidade (Campos et al., 2023).

A leitura de partes do material bibliográfico teve por objetivo verificar as obras que interessam a esta produção textual. A partir desse momento, procedeu-se a leitura analítica dos textos selecionados, identificando as ideias-chave, classificando-as e sintetizando-as.

3.2 Critérios de seleção de fontes e estudos

Após a definição da problemática a ser estudada, segue-se a etapa de seleção de fontes, com a finalidade de identificar e reunir pesquisas que apresentem a melhor informação disponível sobre a temática escolhida. Para isto, é necessário definir os bancos de dados e os descritores ideais. A metodologia adotada utilizou pesquisas nos acervos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), da Biblioteca Eletrônica Científica Online (SciELO), da Science Direct e do Google Scholar. Essas plataformas foram escolhidas por disponibilizarem periódicos reconhecidamente científicos e amplamente difundidos no meio acadêmico, especialmente na área educacional.

O próximo passo foi a busca propriamente dita dos trabalhos a serem selecionados, fazendo uso de pesquisa avançada por meio de descritores booleanos, que são conectivos usados para combinar os termos de uma pesquisa e refinar os resultados da busca, permitindo que o usuário estabeleça critérios de pesquisa. Os operadores booleanos mais comuns são AND, OR e NOT, mas apenas o AND foi utilizado. Também foi restringida a data de publicação dos periódicos, para somente os últimos cinco anos (2020 a 2024); o tipo de

documento foi limitada a apenas artigos; e o tipo do acesso era aberto, para possibilitar leitura completa de modo gratuito.

A primeira busca se deu utilizando as mesmas palavras chaves do trabalho, tanto em português como em inglês: “inteligência artificial AND educação AND matemática” ou “artificial intelligence AND education AND mathematics”. Destas combinações, ao todo, obteve-se: na plataforma CAPES Periódicos, 17 em português e 979 em outros idiomas; na plataforma SciELO, nenhum resultado de nenhum idioma; na plataforma *Science Direct*, nenhum resultado em português e 4.135 em outros idiomas; e na plataforma Google Scholar, 264 resultados em português e 16.700 em outros idiomas. Alguns trabalhos apareceram nas buscas de mais de uma plataforma, impossibilitando assim saber o somatório total de todas as buscas.

Devido à impossibilidade de ler todos os títulos dos resultados das pesquisas, a triagem inicial foi feita pelo nível de relevância do trabalho em cada plataforma utilizada. Limitou-se a verificar os títulos dos primeiros 10 trabalhos em cada página de busca realizada, entendendo que estes seriam mais relevantes e relacionados com a pesquisa.

A partir da leitura dos 50 títulos e resumos de cada trabalho pré-selecionado, segue-se a etapa de triagem. Nesta etapa de seleção dos documentos, os critérios de inclusão e exclusão vão garantir a relevância e qualidade dos materiais analisados, fazendo com o que os dados encontrados se aproximem ou se distanciem da pesquisa a ser investigada.

Os critérios de inclusão foram:

- a) Publicações realizadas entre 2020 e 2024;
- b) Estudos que abordam diretamente o uso da IA na educação e no ensino de matemática;
- c) Pesquisas que fornecem exemplos práticos, análises comparativas ou reflexões teóricas sobre a implementação da IA no contexto educacional voltado para a matemática.

Os critérios de exclusão foram:

- a) Artigos repetidos;
- b) Artigos retratados;
- c) Artigos com objetos de estudo que diferem da temática;
- d) Artigos focados exclusivamente na IA, sem vínculo com o contexto educacional.

Assim, restaram 9 artigos, os quais foram selecionados para leitura completa. Dos trabalhos selecionados, observou-se que 5 foram escritos em inglês, 3 em português e 1 em espanhol. As literaturas apresentadas no Quadro 1 serviram de fundamentação teórica por meio de análise e associação com a temática.

Quadro 1 - Artigos selecionados para a Revisão de Literatura

Nº	Título	Autores	Ano	Revista
1	Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review	HWANG, Gwo-Jen; TU, Yun-Fang	2021	mathematics
2	Artificial intelligence in mathematics education: A systematic literature review	MOHAMED, M. Z. b.; HIDAYAT, R.; SUHAIZI, N. N. b.; SABRI, N. b. M.; MAHMUD, M. K. H. b.; BAHARUDDIN, S. N. b.	2022	International Electronic Journal of Mathematics Education
3	A systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR	OPESEMOWO, Oluwaseyi Aina Gbolade; ADEWUYI, Habeeb Omoponle	2024	EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education
4	Inteligencia Artificial en educación matemática: Una revisión sistemática	PANQUEBAN, Darlis; HUINCAHUE, Jaime	2024	Uniciencia
5	Desafios e oportunidades para o uso do chatGPT na pesquisa em educação matemática	BARREIRA, Jonas Souza; MOURA-SILVA, Marcos Guilherme; GONÇALVES, Tadeu Oliver	2024	Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação
6	Benefits and Limitations of the Artificial with Respect to the Traditional Learning of Mathematics	VOSKOGLOU, Michael Gr.; SALEM, Abdel- Badeeh M.	2020	mathematics
7	ChatGPT como recurso de apoio no ensino da Matemática	SANTOS, Renan Pereira; SANT'ANA, Claudinei de Camargo; SANT'ANA, Irani Parolin	2023	Revemop
8	O ChatGPT e Educação matemática	BORBA, Marcelo de Carvalho; BALBINO JUNIOR, Valci Rodrigues	2023	Educação Matemática Pesquisa

9	Análisis de chatbots de inteligencia artificial y satisfacción en el aprendizaje en educación matemática	MORAL-SÁNCHEZ, S. N; RUIZ-REY, F. J.; CÉBRIAN-DE-LA-SERNA, M.	2023	International Journal of Educational Research and Innovation
---	--	---	------	--

Fonte: Elaborado pela autora.

3.3 Análise qualitativa dos dados coletados

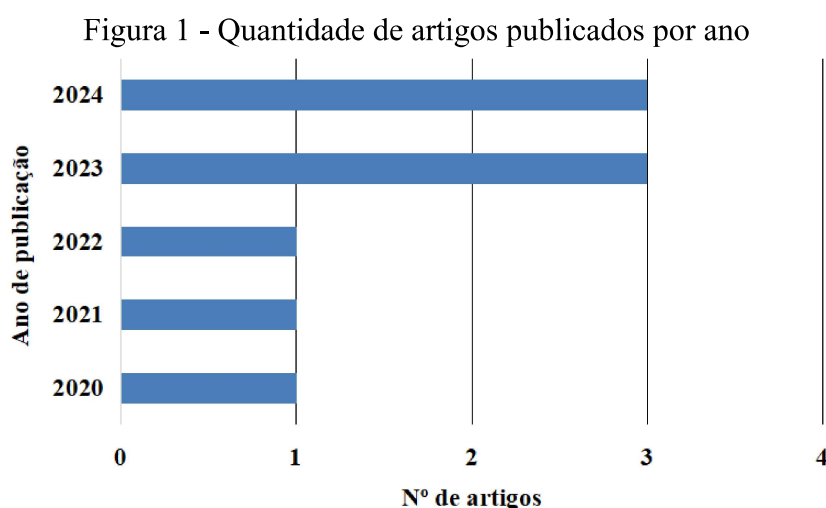
A análise das informações será conduzida de forma descritiva e comparativa. A abordagem descritiva permite explorar as contribuições dos estudos selecionados, enquanto a análise comparativa destaca convergências, divergências, tendências emergentes e lacunas na literatura.

Os passos da análise incluíram:

- i) leitura crítica, identificando os objetivos, métodos e resultados dos estudos revisados;
- ii) Agrupamento temático, organizando as informações com categorias alinhadas aos objetivos do trabalho, como histórico da IA, aplicações na educação e desafios no ensino de matemática;
- iii) interpretação dos dados, discutindo implicações para o ensino de matemática e propondo sugestões futuras.

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO

A análise sistemática dos estudos entre 2020 e 2024 sobre o uso da IA na educação matemática neste trabalho revela informações importantes. A Figura 1 apresenta a distribuição dos trabalhos por ano de publicação. A maioria dos artigos selecionados neste estudo foram publicados nos anos 2023 ($n = 3$) e 2024 ($n = 3$), mostrando que com o passar do tempo, o número de pesquisas e estudos sobre a inteligência artificial na área da educação e especificamente da matemática, está aumentando. Esse dado é positivo para os docentes, que passam a ter mais embasamento para saber lidar com tais tecnologias no processo de ensino e aprendizagem.



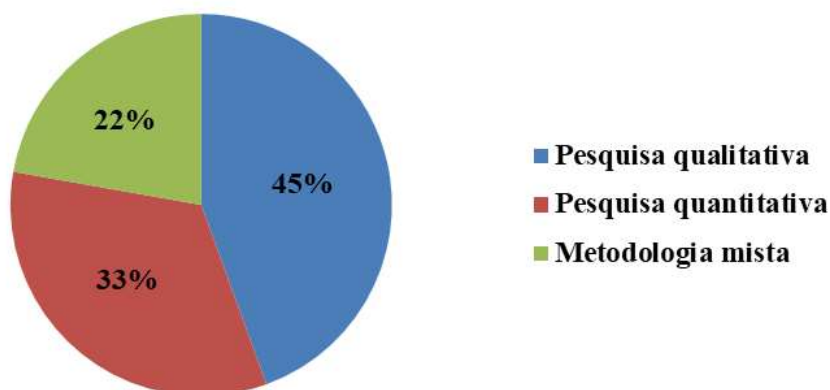
Fonte: Elaborada pela autora.

Os resultados mostram que os estudos revisados usaram três metodologias de pesquisa: quantitativa, qualitativa e mista. Verificou-se que a maioria dos estudos (cerca de 45%, $n = 4$) utilizou o método de pesquisa qualitativa (Barreira et al., 2024; Mohamed et al., 2022; Moral-Sánchez et al., 2023; Panqueban e Huincahue, 2024), provavelmente porque este tipo de pesquisa permite explorar perspectivas que uma abordagem puramente quantitativa não conseguiria abordar, e por ser um tipo mais adequado para identificar tendências iniciais, como é o caso da aplicação da IA na educação matemática, formulando hipóteses para estudos futuros.

Posteriormente, identificou-se que 33% ($n = 3$) dos estudos examinados eram metodologias de pesquisa quantitativa (Hwang e Tu, 2021; Opesemowo e Adewuyi, 2024; Voskoglou e Salem, 2020). Por fim, a metodologia mista foi usada por 22% dos trabalhos

selecionados no presente estudo (Borba e Balbino Junior, 2023; Santos et al., 2023). A Figura 2 a seguir mostra a distribuição das metodologias.

Figura 2 - Metodologia utilizada pelos autores



Fonte: Elaborada pela autora.

Dentre os estudos selecionados, os tipos de instrumentos de pesquisa utilizados para coleta de dados, foram: Entrevistas simuladas com a IA, Testes práticos de matemática com a IA, Revisão sistemática (sem coleta de dados primários) e Questionários.

Observou-se que a maioria dos trabalhos (cerca de 56%) se utilizou de revisões sistemáticas de outras pesquisas já existentes e publicadas em bases de dados confiáveis (Hwang e Tu, 2021; Mohamed et al., 2022; Opesemowo e Adewuyi, 2024; Panqueban e Huincahue, 2024; Voskoglou e Salem, 2020). Em seguida, a análise realizada mostrou que 22% ($n = 2$) dos trabalhos levantados utilizaram como instrumentos de coleta de dados alguns testes práticos de matemática com a própria IA (Borba e Balbino Junior, 2023; Santos et al., 2023). E apenas 11% ($n = 1$) fez uso de um questionário (Moral-Sánchez et al., 2023). A Figura 3 aponta a distribuição dos instrumentos de acordo com o tipo.

Figura 3 - Instrumentos de coleta de dados



Fonte: Elaborada pela autora.

O questionário elaborado por Moral-Sánchez et al. (2023) foi no formato Google Formulário, consistindo de 17 itens preenchidos de modo online por 120 estudantes da Universidade de Málaga, que cursaram a disciplina de Didática da Geometria. O questionário foi aplicado com a finalidade de levantar opiniões dos alunos sobre a criação de um chatbot feito por eles mesmos, onde podiam expressar seus níveis de satisfação com a aplicação deste chatbot em uma rede social. Depois, as respostas foram analisadas e discutidas por Moral-Sánchez et al. (2023), onde mais de 90% dos respondentes estavam satisfeitos com os bots criados, e mais de 60% considerou o sua implementação fácil, tendo recebido apenas uma breve explicação sem conhecimentos prévios ou aprofundados. Assim, Moral-Sánchez et al. (2023) concluiu que os chatbots são uma ferramenta útil tanto para alunos quanto para professores como suporte no processo educacional.

De modo geral, a variedade de instrumentos de coleta de dados nos nove trabalhos analisados indica o interesse dos pesquisadores em levantar dados de diferentes formas e métodos para análise e interpretação, objetivando desvendar vários aspectos da IA e seus efeitos nas práticas de ensino e aprendizagem na educação matemática.

Também foi possível classificar quais ferramentas de IA foram mais mencionadas entre os artigos analisados: Aprendizado de máquina, sistemas de aprendizado inteligente, chatbots e robótica. O Quadro 2 mostra as ferramentas de IA citadas em cada artigo estudado.

Quadro 2 - Ferramentas de IA citadas nos trabalhos em análise

Autores	Ferramentas de IA mencionadas
Barreira et al., 2024	ChatGPT
Borba; Balbino Junior, 2023	ChatGPT
Hwang; Tu, 2021	Algoritmos adaptativos, aprendizado de máquina e sistemas de tutoria inteligente
Mohamed et al., 2022	Robótica educacional, agentes pedagógicos, e sistemas de tutoria inteligente
Moral-Sánchez et al., 2023	Snatchbot
Opesemowo; Adewuyi, 2024	ChatGPT
Panqueban; Huincahue, 2024	Sistemas de tutoria inteligente, aprendizado de máquina e chatbots
Santos et al., 2023	ChatGPT
Voskoglou; Salem, 2020	Sistemas de aprendizado inteligente, robôs sociais e aprendizado de máquina.

Fonte: Elaborada pela autora.

Foi notório o destaque do chatbot ChatGPT na maioria dos estudos avaliados, justamente aqueles escritos em 2023 e 2024, pois a criação do chatbot em questão se deu em 2022. Isso mostra que o ChatGPT tem sua utilização amplamente discutida e questionada, seja por meio de entrevistas simuladas (Barreira et al., 2024), ou sendo submetido a testes matemáticos para verificar sua capacidade de resposta (Borba, Balbino Junior, 2023; Santos et al., 2023).

Dentre as aplicações da IA no ensino da matemática mencionadas pelos 9 artigos, as que destaque são: personalização do aprendizado com suporte individualizado; desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas matemáticos; engajamento dos alunos através de robótica ou jogos; entre outros. As aplicações da IA no ensino da matemática mencionadas por cada trabalho estão expostas no Quadro 3 a seguir.

Quadro 3 - Aplicação da IA no ensino da matemática

Autores	Aplicações da IA
Barreira et al., 2024	Geração de conteúdos, personalização de aprendizado e suporte à pesquisa educacional.
Borba; Balbino Junior, 2023	Geração de exercícios personalizados adaptados ao nível do aluno; Auxílio no entendimento de conceitos matemáticos; Potencial uso em videoaulas e como apoio no desenvolvimento de atividades escolares.
Hwang; Tu, 2021	Criar ambientes de aprendizado personalizados, fornecer suporte individualizado e melhorar o desempenho dos alunos em tarefas complexas
Mohamed et al., 2022	Facilitação do aprendizado autônomo e interativo; Desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas; Melhoria da compreensão conceitual por meio de representações visuais e animações matemáticas; Aumento do engajamento dos alunos através de robótica e software.
Moral-Sánchez et al., 2023	Desenvolvimento de competência digital e motivação ao criar chatbots personalizados
Opesemowo; Adewuyi, 2024	Personalização do aprendizado, avaliação online e suporte ao ensino com sistemas inteligentes.
Panqueban; Huincahue, 2024	Engajamento através de jogos educativos adaptativos e gamificação.
Santos et al., 2023	Resolver problemas matemáticos de diferentes níveis (logaritmos, parábolas, etc.); Elaborar listas de exercícios e planos de aula; Criar roteiros de vídeos educacionais para uso em sala de aula.
Voskoglou; Salem, 2020	Personalização do aprendizado com base nas necessidades individuais dos estudantes; Uso de robôs para promover aprendizado interativo e colaborativo; Desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas através da interação com sistemas inteligentes.

Fonte: Elaborado pela autora.

Nos trabalhos analisados, foram mencionadas as implicações éticas do uso da IA na educação matemática. Alguns autores ressaltam a problemática da privacidade e segurança de dados dos alunos (Opesemowo, Adewuyi, 2024; Moral-Sánchez et al., 2023). O trabalho de Borba e Balbino Junior (2023) também apresenta preocupações éticas relacionadas ao uso inadequado da IA, como plágio e disseminação de desinformação.

Sobre o acesso às tecnologias de IA, Hwang e Tu (2021) alertam para desigualdades neste acesso às ferramentas, que poderia aumentar as lacunas educacionais existentes, e Barreira et al. (2024) compartilha do mesmo pensamento, destacando a importância de garantir inclusão no acesso à IA. Desse modo, a integração da IA no ensino deve considerar a infraestrutura disponível e promover igualdade social.

Como implicações pedagógicas mais mencionadas, destaca-se a discussão sobre a possível substituição do professor pela IA (Mohamed et al. 2022; Voskoglou, Salem, 2020; Moral-Sánchez et al., 2023; Borba, Balbino Junior, 2023). Entre os autores, há ampla concordância de que a IA deve complementar o trabalho do professor, redefinindo seu papel sem substituí-lo. A necessidade de equilíbrio no uso da tecnologia é consenso na literatura.

Outra questão levantada foi a personalização do aprendizado, que foi vista como uma vantagem em potencial devido à possibilidade de alcançar cada aluno de modo individual em seu próprio ritmo, porém que merece supervisão humana, deve ser contextualizada e ser usada com equilíbrio (Hwang, Tu, 2021; Opesemowo, Adewuyi, 2024; Moral-Sánchez et al., 2023).

Foram identificadas possíveis lacunas nos estudos sobre o uso da IA na educação: a) impacto de longo prazo no aprendizado (Mohamed et al., 2022; Voskoglou, Salem, 2020; Barreira et al., 2024); b) conexão entre IA e teorias pedagógicas (Mohamed et al., 2022; Barreira et al., 2024); c) diversidade de contextos e populações (Hwang, Tu, 2021; Opesemowo, Adewuyi, 2024; Moral-Sánchez et al., 2023); d) formação e capacitação de professores (Panqueban, Huincahue, 2024; Moral-Sánchez et al., 2023); e) confiabilidade das respostas e limites das ferramentas de IA (Santos et al., 2023; Borba, Balbino Junior, 2023).

Além dessas, há lacunas na literatura sobre como integrar as habilidades socioemocionais, como colaboração, empatia, comunicação social, etc., nos sistemas de IA aplicados à educação matemática. Também há pouca exploração de como a IA pode ser usada para atender a alunos com deficiência, adaptando as ferramentas para necessidades específicas. Outro ponto importante é ressaltar que poucos estudos discutem a problemática da infraestrutura limitada para o uso de ferramentas de IA, especialmente em zonas rurais e escolas públicas de baixa renda.

5 CONCLUSÃO

Este estudo analisou 9 artigos sobre o uso da inteligência artificial no ensino da matemática, publicados entre 2020 e 2024, no banco de dados. A partir dos resultados da análise, as seguintes descobertas e implicações foram derivadas:

- O número de trabalhos publicados sobre a aplicação da IA no ensino de matemática têm aumentado consideravelmente ao longo dos últimos anos;
- A maioria dos estudos utilizou método de pesquisa qualitativa (cerca de 45%), que permite avaliar critérios mais subjetivos que a pesquisa quantitativa não alcançaria;
- A maior parte das pesquisas (56%) de utilizou de revisões sistemáticas de outros trabalhos já existentes, assim como o presente trabalho;
- A ferramenta de IA mais mencionada foi o chatbot ChatGPT, o qual vem sendo amplamente difundido no meio educacional;
- As aplicações mais mencionadas da IA no ensino da matemática foram: personalização do aprendizado; engajamento dos alunos; aprimorar o pensamento matemático nos alunos.
- As implicações éticas mais citadas foram a privacidade e segurança dos dados dos estudantes, além do uso inapropriado da IA para plágios ou disseminação de informações falsas.
- Uma implicação pedagógica bastante preocupante nos estudos foi o papel do professor diante do avanço desta tecnologia, e como usá-la ao seu favor sem substituí-lo.

Este trabalho de revisão teórica possui limitações, como em qualquer outro estudo. A generalização do estudo pode ter sido potencialmente afetada pela restrição dos critérios de seleção e exclusão utilizados na busca dos artigos relevantes. As descobertas aqui identificadas podem não se aplicar a todo ambiente educacional, devido ao número restrito de artigos selecionados e revisados. A revisão de literatura e análise e discussão podem não ter abrangido todos os aspectos do ensino de matemática, nem todas as aplicações da inteligência artificial na área educacional, o que acaba limitando a profundidade da análise e conclusões tiradas.

Apesar das limitações, este estudo pode fornecer percepções importantes e contribuir para o conhecimento existente sobre o impacto da IA na Educação Matemática. E as descobertas aqui organizadas podem ser usadas para práticas futuras de ensino matemático com o uso da IA.

REFERÊNCIAS

BARREIRA, J. S.; MOURA-SILVA, M. G.; GONÇALVES, T. O. Desafios e oportunidades para o uso do chat GPT na pesquisa em educação matemática. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 19, n. esp. 2, p. 1-22, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.21723/riaee.v19iesp.2.18594>. Acesso em: 19 nov. 2024.

BORBA, M. de C.; BALBINO JUNIOR, V. R. O ChatGPT e Educação Matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 25, n. 3, p. 142-156, 2023. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/63304>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BORGES, F. dos S. Uso da inteligência artificial na educação matemática. **Vistacien Revista Ciência do Conhecimento**, v.1, n.1, p. 61-80, ago. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.5281/zenodo.8274280>. Acesso em: 12 set. 2024.

BRAY, A.; TANGNEY, B. Technology usage in mathematics education research – A systematic review of recent trends. **Computers & Education**, v. 114, p. 255-273, nov. 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131517301677?via%3Dihub>. Acesso em: 07 nov. 2024.

CAMPOS, A. F. M.; CAETANO, L. M. D.; LAUS-GOMES, V. Revisão sistemática de literatura em educação: características, estrutura e possibilidades às pesquisas qualitativas. **Revista Linguagens, Educação e Sociedade**, v. 27, n. 54, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.26694/rles.v27i54.2702>. Acesso em: 10 out. 2024.

COUCH, J. R. Artificial Intelligence: Past, Present and Future. **Journal of the South Carolina Academy of Science**, v. 21, n. 1, 2023. Disponível em: <https://scholarcommons.sc.edu/jscas/vol21/iss1/2/>. Acesso em: 18 nov. 2024.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HWANG, G.-J.; TU, Y.-F. Roles and Research Trends of Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Bibliometric Mapping Analysis and Systematic Review. **Mathematics**, v. 9, n. 6, p. 1-19, mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/math9060584>. Acesso em: 18 out. 2024.

MARQUES, T. M.; SANT'ANA, C. de C. A Inteligência Artificial como recurso para o ensino de Matemática: comparativo entre o ChatGPT e o Gemini. In: **SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**, 9., 2024, Natal. Disponível em: <https://www.sbemrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/387>. Acesso em: 12 nov. 2024.

MEDEIROS, T. K. S de; et al. A Utilização da Inteligência Artificial no Ensino de Matemática. **Revista Científica Cognitionis**, v. 7, n. 2, p. 1-14, set. 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.38087/2595.8801.490>. Acesso em: 02 nov. 2024.

MOHAMED, M. Z. b., et al. 2022. Artificial intelligence in mathematics education: A systematic literature review. **International Electronic Journal of Mathematics Education**,

v. 17, n. 3, p. 1-11, mai. 2022. Disponível em:

<https://www.iejme.com/article/artificial-intelligence-in-mathematics-education-a-systematic-literature-review-12132>. Acesso em: 29 out. 2024.

MORAL-SÁNCHEZ, S.N.; RUIZ-REY, F. J.; CEBRIÁN-DE-LA-SERNA, M. Análisis de chatbots de inteligencia artificial y satisfacción en el aprendizaje en educación. **International Journal of Educational Research and Innovation**, v. 20, p. 1-14, 2023. Disponível em: <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/8196>. Acesso em: 20 out. 2024.

OLIVEIRA, R. M.; SILVA, M. R da. O uso da inteligência artificial no ensino da matemática. **Caderno Intersaberes**, v. 12, n. 44, p. 19-29, dez. 2023. Disponível em: <https://www.cadernosuninter.com/index.php/intersaberes/article/view/2964>. Acesso em: 24 set. 2024.

OPESEMOWO, O. A. G.; ADEMUYI, H. O. A systematic review of artificial intelligence in mathematics education: The emergence of 4IR. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 20, n. 7, p. 1-11, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.29333/ejmste/14762>. Acesso em: 29 out. 2024.

PANQUEBAN, D.; HUINCAHUE, J. Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Systematic Review. **Uniciencia**, v. 38, n. 1, p. 1-17, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.15359/ru.38-1.20>. Acesso em: 10 nov. 2024.

RAINER, K.; et al. **Introduction to Information Systems**: supporting and transforming business. Toronto: John Wiley & Sons Canada. 2020. 496p. Disponível em: https://books.google.com.br/books/about/Introduction_to_Information_Systems.html?id=28T4DwAAQBAJ&redir_esc=y. Acesso em: 14 nov. 2024

SANTOS, R. P.; SANT'ANA, C. de C.; SANT'ANA, I. P. O ChatGPT como recurso de apoio no ensino da Matemática. **Revemop**, v. 5, p. 1-16, jul. 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufop.br/revemop/article/view/6837>. Acesso em: 01 nov. 2024.

STEPHAN, M.L.; et al. Grand challenges and opportunities in mathematics education research. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 46, n. 2, p. 134 - 146, mar. 2015. Disponível em: <https://pubs.nctm.org/view/journals/jrme/46/2/article-p134.xml>. Acesso em: 11 nov. 2024.

UNESCO. Consenso de Beijing sobre a inteligência artificial e a educação. **UNESCO**, 2019. Disponível em: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000372249>. Acesso em: 15 set. 2024.

VOSKOGLOU, M. G.; SALEM, A.-B. M. Benefits and Limitations of the Artificial with Respect to the Traditional Learning of Mathematics. **Mathematics**, v. 8, n. 4, p. 1-15, abr. 2020. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7390/8/4/611>. Acesso em: 29 out. 2024.

WANG, S. et al. Artificial intelligence in education: A systematic literature review. **Expert Systems With Applications**, v. 252, part A, out. 2024. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417424010339?via%3Dihub>. Acesso em: 19 nov. 2024.