



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO  
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA – PROFMAT**

**MARIA VÉRAS DO NASCIMENTO**

**ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NO  
DESENVOLVIMENTO DO LETRAMENTO MATEMÁTICO NA EDUCAÇÃO  
BÁSICA**

**JUAZEIRO**

**2026**

**MARIA VÉRAS DO NASCIMENTO**

**ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NO  
DESENVOLVIMENTO DO LETRAMENTO MATEMÁTICO NA EDUCAÇÃO  
BÁSICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT, da Universidade Federal do Vale do São Francisco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Matemática.

Orientador: Prof.<sup>o</sup> Dr. João Batista Rodrigues da Silva

**JUAZEIRO  
2026**

Nascimento, Maria Vêras do  
N244a Algumas contribuições da Inteligência Artificial (IA) no desenvolvimento do Letramento Matemático na Educação Básica / Maria Vêras do Nascimento – Juazeiro – BA, 2026.

138 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT) Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Juazeiro, 2026.

Orientador: Prof. Dr. João Batista Rodrigues da Silva

1. Matemático - estudo e ensino. 2. Inteligência Artificial. 3. Educação Matemática. 4. Revisão Sistemática. 5. Educação Básica. I. Título. II. Silva, João Batista Rodrigues da. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.


CDD 510

MARIA VÉRAS DO NASCIMENTO

**ALGUMAS CONTRIBUIÇÕES DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL (IA) NO  
DESENVOLVIMENTO DO LETRAMENTO MATEMÁTICO NA EDUCAÇÃO BÁSICA**


Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT, da Universidade Federal do Vale do São Francisco como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Matemática.

Aprovada em: 27/03/2026  
BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente  
 JOAO BATISTA RODRIGUES DA SILVA  
Data: 25/04/2026 19:23:17-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. João Batista Rodrigues da Silva – UNIVASF  
Orientador e Presidente da Banca

Documento assinado digitalmente  
 EDSON LEITE ARAUJO  
Data: 25/04/2026 18:40:26-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Edson Leite Araujo – UNIVASF  
Examinador interno

Documento assinado digitalmente  
 EVANILSON LANDIM ALVES  
Data: 25/04/2026 18:10:09-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Dr. Evanilson Landim Alves – UPE  
Examinador externo

Dedico este trabalho a Deus, a minha família e a todos os meus amigos, gratidão por todo apoio. E todos os docentes que a cada dia ousam e resistem em suas salas de aula.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir concluir mais uma etapa da minha formação. Por ser meu sustendo, minha fortaleza e minha paz. Sou grata por tudo e por tanto.

A Maria do Socorro e Matheus, minha mãe e meu irmão, por serem meu porto seguro, meu apoio e suporte em todos os momentos, por me incentivarem a prosseguir cada dia mais e acreditarem mais em mim do que eu mesma. Para sempre os Três Mosqueteiros: um por todos e todos por um!

A Marivaldo Lima, meu pai, por todo incentivo que me deu ao longo dessa jornada.

A Fernanda, minha cunhada, por todo apoio e paciência em nossas conversas.

Aos meus eternos professores, Paulo Jorge Ribeiro dos Santos (*in memoriam*) e Roberto Ramos das Neves (*in memoriam*), por me inspirarem a ter tanto amor pela Matemática. Levarei para sempre todos os conselhos e conversas que tivemos.

Aos meus amigos, que me apoiaram em mais essa empreitada: nós conseguimos. Essa conquista não teria o mesmo valor sem a presença e a crença de vocês. Obrigada por cada conversa, oração e ajuda que me deram, vocês foram essenciais em mais esse momento.

A todos os meus professores, por tudo que me ensinaram ao longo da minha vida, em especial prof.<sup>a</sup> Rossana Silva, prof.<sup>a</sup> Rossana Souza, prof.<sup>a</sup> Ana Sávia, prof.<sup>o</sup> Paulo Aírton e prof.<sup>a</sup> Sissy. Eu cheguei onde estou porque sempre fui carregada por gigantes. Saibam que existe muito de cada um de vocês na professora que me tornei.

Aos meus alunos, por me inspirarem a ser uma professora melhor todos os dias. Eu não seria tão feliz e realizada na minha profissão se não fosse por vocês.

Aos meus colegas de turma do mestrado, por terem vivido toda essa roda gigante de sentimentos e desafios que foram esses dois anos. Com certeza a experiência que eu tive não teria sido a mesma sem vocês. Sucesso a todos.

À UNIVASF e a todos os professores que tive a honra de conhecer e ser aluna. Saibam que vocês foram essenciais para mais essa etapa da minha formação.

Ao meu orientador, prof.<sup>o</sup> Dr. João Batista Rodrigues da Silva, por toda empatia e paciência ao longo deste projeto. Sou grata por você ter aceitado esse desafio da minha orientação em meio a tantos desafios. Seu amor pelo ensino e seu zelo são inspiradores.

“A fim de que saibam à evidência, e pela observação compreendam, que foi a mão do Senhor que fez essas coisas, e o Santo de Israel quem as realizou.”

Is 41,18

## RESUMO

Este estudo visou investigar algumas contribuições da Inteligência Artificial (IA) para o desenvolvimento do Letramento Matemático na Educação Básica. Assim, pode-se definir o letramento matemático como competência fundamental para o exercício da cidadania no século XXI, conforme apresentam os organismos internacionais, como também às políticas educacionais brasileiras, por meio da BNCC. Dados do PISA de 2022 mostram que 73% dos estudantes brasileiros não alcançam o nível básico de proficiência matemática, mostrando não apenas deficiências procedimentais, mas limitações no desenvolvimento de competências críticas, contextualizadas e de interpretação; dimensões centrais do letramento matemático. Simultaneamente, constata-se a disseminação massiva de ferramentas baseadas em Inteligência Artificial (IA), especialmente modelos de linguagem generativa, como ChatGPT. A IA é utilizada por aproximadamente 68% dos estudantes brasileiros para ajudar em tarefas escolares, frequentemente sem diretrizes pedagógicas claras ou formação docente adequada (Datafolha, 2024). Diante desse cenário, emergiu a questão norteadora desta pesquisa: De que forma as ferramentas de IA podem contribuir para o desenvolvimento do letramento matemático na Educação Básica? Então, a metodologia definida para este estudo caracterizou-se como revisão sistemática de literatura de abordagem qualitativa, seguindo o protocolo PRISMA, adaptado às particularidades da pesquisa educacional. A abordagem qualitativa adotada nesta revisão caracterizou-se por análise interpretativa, busca de significados e compreensão contextualizada de fenômenos educacionais complexos, adequada para investigações exploratórias em campos emergentes. Foram selecionadas quatro bases de dados: Google Scholar, SciELO, BDTD e ERIC; certificando cobertura equilibrada entre produções nacionais e internacionais. As buscas incluem publicações de 2020 a 2025, em português, inglês e espanhol, utilizando strings que combinam três eixos conceituais: Inteligência Artificial, Educação Matemática e Educação Básica/Letramento. Critérios explícitos de inclusão e exclusão direcionam o processo de seleção em quatro etapas (identificação, triagem, elegibilidade, inclusão), conforme fluxograma PRISMA. Foram encontrados 239 trabalhos, dos quais 44 compuseram o *corpus* final desta revisão. Os resultados dos estudos evidenciaram: 97,7% não definem letramento, 95,5% não apresentam perspectiva crítica/emancipatória, o ChatGPT domina com 54,5%, crescimento exponencial pós-2023 com concentração de 84,1% dos trabalhos, formação docente é o maior desafio, com 34,1% e sub-representação dos Anos Finais do Ensino Fundamental, com 9,1%, além da liderança do Brasil, com 50%. Frente a esses resultados, notou-se uma lacuna crítica alarmante: a Educação Infantil não foi encontrada em nenhum dos estudos, mostrando que o letramento matemático ainda é negligenciado neste nível educacional. Conclui-se que a IA apresenta potencialidades como personalização e *feedback*, porém enfrenta desafios estruturais, principalmente pela formação docente e desigualdade de acesso à tecnologia de qualidade. A indefinição conceitual, a ausência de perspectiva crítica e a concentração em competências procedimentais figuram como as principais deficiências identificadas. Diante dessas lacunas, foi desenvolvido um aplicativo educacional denominado Dona CELMA. Com o propósito de minimizar essas deficiências e auxiliar na promoção do letramento matemático, com ética, perspectiva crítica/emancipatória e sem dependência tecnológica.

**Palavras-chave:** letramento; matemático; inteligência artificial; educação matemática; revisão sistemática; Educação Básica.

## ABSTRACT

This study aims to investigate some contributions of Artificial Intelligence (AI) to the development of Mathematical Literacy in Basic Education. In this context, mathematical literacy can be defined as a fundamental competence for the exercise of citizenship in the 21st century, as presented by international organizations, as well as by Brazilian educational policies through the Brazilian National Common Curricular Base (BNCC). Data from the Programme for International Student Assessment (PISA) 2022 show that 73% of Brazilian students do not reach the basic level of mathematical proficiency, demonstrating not only procedural deficiencies, but also limitations in the development of critical, contextualized, and interpretive skills, which are central dimensions of mathematical literacy. Simultaneously, there is a massive dissemination of tools based on Artificial Intelligence (AI), especially generative language models, such as ChatGPT. AI is used by approximately 68% of Brazilian students to help with schoolwork, often without clear pedagogical guidelines or adequate teacher training (Datafolha, 2024). Given this scenario, the study is guided by the following research question: how can AI tools contribute to the development of mathematical literacy in Basic Education? Therefore, this study is characterized as a qualitative systematic literature review, with a qualitative approach, following the Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) protocol adapted to the particularities of educational research. The qualitative approach adopted in this review is characterized by interpretive analysis, a search for meaning, and a contextualized understanding of complex educational phenomena, suitable for exploratory investigations in emerging fields. Four databases were selected: Google Scholar, SciELO, BDTD, and ERIC, ensuring balanced coverage between national and international publications. The searches include publications from 2020 to 2025 in Portuguese, English, and Spanish, using search strings that combine three conceptual axes: Artificial Intelligence, Mathematics Education, and Basic Education/Literacy. Explicit inclusion and exclusion criteria guide the selection process in four stages (identification, screening, eligibility, inclusion), according to the PRISMA flowchart. 239 studies were found, of which 44 comprised the final corpus of this review. The results of the studies showed: 97.7% do not define literacy, 95.5% do not present a critical/emancipatory perspective, ChatGPT dominates with 54.5%, exponential growth post-2023 with a concentration of 84.1% of the studies, teacher training is the biggest challenge with 34.1%, and underrepresentation of the final years of elementary school with 9.1%, in addition to Brazil's leadership with 50%. Given these results, a significant gap was noted: Early Childhood Education was not identified in any of the studies, showing that mathematical literacy is still neglected at this educational level. The findings indicate that AI shows potential such as personalization and feedback; however, it faces structural challenges, mainly due to teacher training and unequal access to quality technology. Conceptual vagueness, lack of critical perspective, and concentration on procedural skills are identified as the main deficiencies. In light of these gaps, an educational application called Dona CELMA was developed. Its purpose is to minimize these deficiencies and assist in promoting mathematical literacy, with ethics, a critical/emancipatory perspective, and without technological dependence.

**Keywords:** Mathematical Literacy; Artificial Intelligence; Mathematics Education; Systematic Review; Basic Education.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1 -</b>	Interface do Khan Academy da disciplina Álgebra .....	31
<b>Figura 2 -</b>	Interface do Khanmigo .....	31
<b>Figura 3 -</b>	Interface do Geekie .....	33
<b>Figura 4 -</b>	Interface do Photomath .....	35
<b>Figura 5 -</b>	Interface do Mathway .....	37
<b>Figura 6 -</b>	Interface do ChatGPT .....	40
<b>Figura 7 -</b>	Interface do Claude .....	42
<b>Figura 8 -</b>	Interface do Gemini .....	45
<b>Figura 9 -</b>	Interface do Matific .....	46
<b>Figura 10 -</b>	Interface da Árvore de Livros .....	47
<b>Figura 11 -</b>	Fluxograma do Processo de Seleção dos Estudos segundo o Protocolo PRISMA 2020 .....	59
<b>Figura 12-</b>	Fluxograma do Aplicativo Educacional Dona CELMA .....	122
<b>Figura 13 -</b>	Interface do Claude com o Prompt do Aplicativo Educaciona Dona CELMA .....	124
<b>Figura 14 -</b>	Interface do Claude com o Prompt do Aplicativo Educacional Dona CELMA (continuação) .....	124

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 –</b>	Strings de busca .....	56
<b>Quadro 2 –</b>	Crítérios de inclusão e exclusão .....	57
<b>Quadro 3 –</b>	<i>Corpus</i> final da revisão sistemática: estudos incluídos (n = 44) .....	64
<b>Quadro 4 –</b>	Distribuição temporal (por ano) .....	79
<b>Quadro 5 –</b>	Tipos de estudo .....	81
<b>Quadro 6 –</b>	Tipos de publicação .....	83
<b>Quadro 7 –</b>	Níveis educacionais .....	84
<b>Quadro 8 –</b>	Definição de letramento matemático .....	86
<b>Quadro 9 –</b>	Competências investigadas .....	88
<b>Quadro 10 –</b>	Parte A: Menção a documentos normativos .....	90
<b>Quadro 10 –</b>	Parte B: Alinhamento com dimensões do letramento matemático (PISA/OCDE).....	90
<b>Quadro 11 –</b>	Ferramentas mais citadas .....	93
<b>Quadro 12 –</b>	Presença de referenciais críticos .....	97
<b>Quadro 13 –</b>	Síntese dos benefícios .....	98
<b>Quadro 14 –</b>	Síntese dos benefícios .....	100

## LISTA DE SIGLAS

ALEKS	Avaliação e Aprendizagem em Espaços de Conhecimento
BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular CELMA – Com Ensino e Letramento Matemático
CETIC	Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação
CNE	Conselho Nacional de Educação
COVID 19	Doença do Coronavírus DL – Deep Learning
EM	Educação Matemática
EMC	Educação Matemática Crítica ENEM – Exame Nacional do Ensino Médio
CETIC	Centro Regional de Estudos para o Desenvolvimento da Sociedade da Informação
CNE	Conselho Nacional de Educação
ERIC	Centro de Informações de Recursos Educacionais EUA – Estados Unidos da América
GPIMEM	Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática GPT – Transformador Pré-treinado Generativo
IA	Inteligência Artificial
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação de Ciência e Tecnologia ITS – Sistemas Tutores Inteligentes
LLM	Modelos de Linguagem de Grande Escala
ML	Aprendizado de Máquina
MMLU	Compreensão de Linguagem em Multitarefa Massiva
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico OCR – Reconhecimento Óptico de Caracteres
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PISA	Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes
PRISMA	Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises PROINFO – Programa Nacional de Informática na

## Educação

SAEB Sistema de Avaliação da Educação Básica

SciELO Biblioteca Eletrônica Científica Online

TIC Tecnologia da Informação e Comunicação

UNESCO Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura  
UNESP – Universidade Estadual Paulista

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>16</b>
1.1 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA .....	19
1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA.....	21
1.3 OBJETIVOS .....	21
<b>1.3.1 Geral</b> .....	<b>22</b>
<b>1.3.2 Específicos</b> .....	<b>22</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b> .....	<b>23</b>
2.1 LETRAMENTO MATEMÁTICO: ALGUNS ASPECTOS HISTÓRICOS.....	23
2.2 EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS DIGITAIS .....	25
2.3 PLATAFORMAS DIGITAIS PARA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA .....	28
<b>2.3.1 Sistemas tutores inteligentes e plataformas adaptativas</b> .....	<b>29</b>
2.3.1.1 Khan Academy .....	29
2.3.1.2 Geekie .....	32
<b>2.3.2 Aplicativos de resolução de problemas</b> .....	<b>33</b>
2.3.2.1 Photomath .....	34
2.3.2.2 Mathway .....	36
<b>2.3.3 Ferramentas de IA generativa</b> .....	<b>37</b>
2.3.3.1 ChatGPT.....	38
2.3.3.2 Claude .....	41
<b>2.3.3.3 Gemini</b> .....	<b>43</b>
<b>2.3.4 Plataformas brasileiras: oportunidades e desafios</b> .....	<b>45</b>
2.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA .....	48
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	<b>54</b>
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO.....	54
3.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA.....	55
<b>3.2.1 Busca de dados</b> .....	<b>55</b>
<b>3.2.2 Strings de Busca</b> .....	<b>56</b>
3.3 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO .....	57
3.4 PROCESSO DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS .....	58
3.5 EXTRAÇÃO DE DADOS .....	60
3.6 ANÁLISE DOS DADOS .....	60
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>62</b>
4.1 CORPUS DA REVISÃO SISTEMÁTICA.....	62
4.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL .....	78

<b>4.2.1. Distribuição temporal (por ano).....</b>	<b>78</b>
<b>4.2.2 Distribuição geográfica (por país).....</b>	<b>79</b>
<b>4.2.3 Tipos de Estudo.....</b>	<b>81</b>
<b>4.2.4 Tipos de Publicação .....</b>	<b>82</b>
<b>4.2.5 Níveis Educacionais .....</b>	<b>83</b>
<b>4.3 LETRAMENTO MATEMÁTICO .....</b>	<b>85</b>
<b>4.3.1 Presença do conceito.....</b>	<b>85</b>
<b>4.3.2 Definições utilizadas .....</b>	<b>87</b>
<b>4.3.3 Competências investigadas.....</b>	<b>88</b>
<b>4.3.4 Alinhamento com BNCC ou PISA.....</b>	<b>89</b>
<b>4.4 FERRAMENTAS DE IA .....</b>	<b>91</b>
<b>4.4.1 Categorias de ferramentas.....</b>	<b>91</b>
<b>4.4.2 Ferramentas mais citadas.....</b>	<b>93</b>
<b>4.4.3 Tendências atuais .....</b>	<b>94</b>
<b>4.5 PERSPECTIVA CRÍTICA .....</b>	<b>96</b>
<b>4.5.1 Potencialidades e desafios.....</b>	<b>98</b>
4.5.1.1 Síntese dos Benefícios .....	99
4.5.2 Síntese das limitações.....	101
<b>4.6 DISCUSSÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL – APLICATIVO EDUCACIONAL</b>	<b>103</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>104</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>108</b>
<b>GLOSSÁRIO .....</b>	<b>119</b>
<b>APÊNDICE A PRODUTO EDUCACIONAL: APLICATIVO EDUCACIONAL DONA CELMA .....</b>	<b>121</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que o ser humano, desde seu nascimento, é colocado em interação com o mundo ao seu redor, com estímulos sensoriais, cognitivos e sociais. Eles ajudam a desenvolver habilidades importantes como a comunicação, motricidade e, com o passar dos anos, da leitura e escrita. Ao chegar na escola, o estudante enfrenta uma nova realidade, até então, desconhecida, pois nela começa as descobertas e a busca pelos saberes.

Então surgem alguns questionamentos dentro de uma sala de aula: Por que aprender o conteúdo? Onde vou utilizar isso na minha vida? Infelizmente, percebe-se que em alguns casos, o(a) professor(a) não se sente à vontade para responder tais perguntas. Acredita-se que isso ocorre por conta de uma formação inicial que deixou algumas lacunas.

Isso implica na necessidade de um processo formativo mais atento às possíveis realidades a serem encontradas na sala de aula. É também importante entender como adaptar o conhecimento, para que ele possa ser usado fora da sala de aula, em suas vidas cotidianas.

A capacidade de utilizar os conhecimentos escolares em contextos reais relaciona-se intimamente com o conceito de letramento. Definido por Soares (1996, p. 18), como “o resultado da ação de ensinar ou de aprender a ler e escrever: o estado ou condição que adquire um grupo social ou um indivíduo como consequência de ter-se apropriado da escrita.”. Sendo assim, tem-se que o letramento é o uso social da leitura e da escrita, em que são mobilizados conhecimentos aprendidos na escola para a vida cotidiana do aluno, de forma crítica e contextualizada

Freire (1989, p.13) afirma que “a leitura do mundo precede sempre a leitura da palavra e a leitura desta implica a continuidade da leitura daquele.”. Ou seja, a leitura não pode ser algo apenas entre as quatro paredes da sala de aula. É necessário um significado lógico e crítico do porquê aprender a ler e onde utilizar essa ferramenta, a fim serem instrumentos de interpretação e transformação da realidade.

Com o passar dos anos, notou-se que a tendência de ensinar as disciplinas curriculares de forma descontextualizada afetava negativamente a aprendizagem dos alunos. Avaliações em larga escala, como o Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) e o Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes (PISA), passaram a aferir não apenas os conhecimentos procedimentais, mas também as

competências anexas ao letramento, aplicadas em diversos contextos, o que mostrou a urgência de um ensino mais significativo.

Nesse cenário, houve uma necessidade de reestruturação da educação brasileira, para conseguir acompanhar as novas tendências de ensino. Então, foram estabelecidos alguns documentos norteadores como: Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), que orientam a respeito da qualidade da educação e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em vigor desde 2018. E a BNCC que abrange toda a Educação Básica e unifica todo o currículo escolar, definindo o que é fundamental para a aprendizagem do aluno e em qual ano ou série cada conteúdo é ministrado. Além disso, o documento foca no ensino contextualizado e na aplicação dos conhecimentos adquiridos na sala de aula em situações concretas.

A BNCC trata dos multiletramentos ou apenas letramentos. Dentre eles, está o letramento matemático, que é definido, na BNCC (2018, p. 266) como sendo:

As competências e habilidades de raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente, de modo a favorecer o estabelecimento de conjecturas, a formulação e a resolução de problemas em uma variedade de contextos, utilizando conceitos, procedimentos, fatos e ferramentas matemáticas. (BRASIL, 2018, p. 266).

Portanto, o letramento matemático pode ser apresentado como o uso social da Matemática. É a capacidade de conseguir resolver problemas fora da sala de aula, aplicando aquilo que foi aprendido dentro dela. E não apenas em um único contexto, mas nos mais diversos, usando a lógica e o senso crítico, formando assim o cidadão.

Segundo D'Ambrósio (2005, p. 22) “a todo instante, as pessoas estão comparando, classificando, quantificando, medindo, explicando, generalizando, inferindo e, de algum modo, avaliando, por meio dos instrumentos materiais e intelectuais que são próprios à sua cultura.”. Dessa forma, a Matemática é utilizada em todos os contextos sociais e a cada instante da vida, desde acordar e escolher o que comer no café até analisar mercados financeiros, fazendo com que as pessoas despertem um senso questionador e matemático aplicável no seu dia a dia.

Vale salientar que algumas abordagens pedagógicas colaboram na promoção do letramento matemático, por exemplo: metodologia ativa, resolução de problemas contextualizados e ferramentas computacionais; como *softwares*, gamificação. Nesse sentido, Nos últimos anos, a Inteligência Artificial (IA) vem ganhando espaço como um recurso em progresso na Educação Matemática, gerando discussões entre os

educadores e estudantes, que concordam ou não com seu uso na sala de aula.

A Inteligência Artificial é um ramo da Ciência da Computação que começou a ser explorado no século XX. O termo foi popularizado em 1956, durante o *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* (Projeto de Pesquisa de Verão de Dartmouth sobre Inteligência Artificial), em New Hampshire (EUA), que reuniu alguns pesquisadores pioneiros na área (MCCARTHY et al., 1956).

John McCarthy, considerado o pai da IA, definiu-a como: “a ciência e a engenharia de fazer máquinas inteligentes, especialmente programas de computador inteligentes.” (MCCARTHY, 2007, p.2). Originalmente, a função da IA era criar máquinas e programas de computadores inteligentes, que poderiam ter algumas habilidades humanas, a saber: criatividade, raciocínio e aprendizagem.

Com o avanço tecnológico, a IA foi ficando cada vez mais diversa e ganhando novas aplicações, como: Sistemas Tutores Inteligentes (ITS), Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLM), chatbots educacionais, sistemas adaptativos e IA generativa. Assim, passando a ficar cada vez mais populares e acessíveis, como é o caso do ChatGPT, Siri, Alexa e Google Gemini; as quais tornaram-se apreciadas por diversos públicos, modificando, dessa forma, a interação entre humanos-máquina em contextos cotidianos e educacionais.

Apesar do crescente interesse pela IA na educação, estudos e produtos educacionais que associam o uso dessas tecnologias para promover o letramento matemático ainda é bastante escasso, principalmente no Brasil. A maioria das pesquisas focam em aspectos técnicos ou na automação de processos de ensino, mas não possuem raiz crítica se essas ferramentas contemplam as competências de interpretação, modelagem, argumentação e uso contextualizado na Matemática, que são a base do letramento matemático.

Esse hiato acaba ficando mais evidente quando se observam os obstáculos do letramento matemático no Brasil, apresentados em avaliações, como o PISA, ao afirmar que 73% dos estudantes brasileiros não atingem o nível básico de proficiência matemática (OCDE, 2022).

Diante desse novo cenário, surgiu a questão norteadora deste trabalho: De que forma as ferramentas baseadas em IA podem contribuir para o desenvolvimento do letramento matemático dos estudantes da Educação Básica?

Em busca de resposta ao questionamento, optou-se por desenvolver este estudo que está estruturado em cinco capítulos. O primeiro refere-se à introdução, no

qual também são tratados a descrição da situação-problema, justificativa, relevância e objetivos do trabalho. No segundo capítulo tem-se a fundamentação teórica, que traz alguns aspectos históricos do letramento matemático, faz um apanhado sobre a educação matemática e as tecnologias digitais, versa também sobre plataformas digitais para educação matemática e Inteligência Artificial na educação básica.

O terceiro capítulo é a metodologia, que apresenta a caracterização do estudo, os critérios de seleção utilizados na revisão sistemática de literatura baseada no protocolo PRISMA 2020, o processo de seleção de estudos; bem como a caracterização geral dos 44 estudos incluídos no *corpus* final do trabalho. O quarto capítulo aborda a análise e discussão dos resultados obtidos, fazendo uma correlação com o capítulo anterior. O quinto capítulo refere-se às considerações finais da dissertação.

Após a observação e discussões das lacunas críticas encontradas nos estudos do *corpus* final desta revisão, foi desenvolvido um aplicativo educacional denominado Dona CELMA. <sup>1</sup>Pedagogicamente estruturado, Dona CELMA tem por função ensinar Matemática com ênfase no letramento matemático. O aplicativo abrange como público qualquer pessoa que tenha interesse em aprender Matemática, de forma clara e com raciocínio. Na seção Apêndice A constam todas as informações do Dona CELMA, bem como seu prompt completo, seus objetivos e algumas considerações.

Acredita-se na viabilidade de outros estudos que possam surgir a partir das considerações apresentadas neste trabalho, quer sejam para questionar, aprofundar ou originar novos questionamentos.

## 1.1 DESCRIÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

O Brasil enfrenta desafios históricos e persistentes no ensino e na aprendizagem de Matemática. Os dados do PISA de 2022 mostram uma realidade que chama atenção: 73% dos estudantes brasileiros não atingem o nível básico de proficiência em Matemática considerado necessário pela OCDE. Esse resultado coloca o Brasil no ranking dos países com baixo desempenho na avaliação, comprovando não apenas deficiências nas resoluções de algoritmos e procedimentos matemáticos, mas no desenvolvimento de competências críticas,

---

<sup>1</sup> <https://celma.onrender.com>

contextualizadas e de interpretação, ou seja, existem lacunas no que é chamado de letramento matemático.

Logo, o letramento matemático, definido pela OCDE (2022) e incorporado às políticas educacionais brasileiras por meio da BNCC (2018), refere-se à capacidade de formular, empregar e interpretar Matemática em diferentes contextos da vida real, incitando raciocínio lógico, representação, comunicação e argumentação matemática para entender e atuar criticamente no mundo.

O letramento matemático, pertence, sobretudo, a uma competência necessária à participação social, ao mundo do trabalho e ao exercício da cidadania em uma sociedade cada vez mais impregnada de dados, estatísticas, algoritmos e modelos matemáticos.

Em paralelo a esse contexto, tem-se destacado uma transformação tecnológica. Sabe-se que em 2022 foi lançado o ChatGPT, como uma ferramenta baseada em IA generativa, capaz de assimilar linguagem natural, gerar textos complexos, resolver problemas matemáticos e simular diálogos humanos. Em um curto período de tempo, esses instrumentos tornaram-se amplamente acessíveis e atingiram centenas de milhões de usuários globalmente, causando uma transformação em diversos setores, inclusive na educação.

No cenário educacional brasileiro, essa adesão ocorreu de forma massiva e espontânea. Dados do Instituto Datafolha de 2024 mostram que o Brasil é o segundo país que mais utiliza o ChatGPT no contexto educacional, ficando atrás apenas do Estados Unidos, com aproximadamente 70% dos estudantes declarando uso de instrumentos de IA para ajudar nas tarefas escolares.

Porém, essa disseminação acontece em um cenário que precisa de atenção, pois a ausência de políticas públicas estruturadas, em conjunto com a infraestrutura digital precária e formação docente insuficiente trazem à tona debates sobre o quanto esse uso está sendo crítico, ético e independente, o que faz um alerta para as consequências futuras.

É nessa conjuntura confusa e urgente que se insere esta pesquisa, buscando responder a seguinte questão norteadora: De que forma as ferramentas baseadas em Inteligência Artificial podem contribuir para o desenvolvimento do letramento matemático dos estudantes da Educação Básica? Esse questionamento não surgiu apenas pela relevância acadêmica de preencher lacunas científicas, mas, principalmente, pela urgência social e educacional de entender e orientar

pedagogicamente um fato que está modificando as maneiras de como docentes e estudantes estão ensinando e aprendendo Matemática.

## 1.2 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

É notório que a disciplina de Matemática permanece bastante desafiadora para a maioria dos estudantes brasileiros, particularmente após a pandemia da COVID-19. Essa dificuldade se intensifica quando a Matemática é trabalhada de forma descontextualizada, impedindo que os estudantes percebam sua importância para o dia a dia e para o seu desenvolvimento ético e crítico.

Dessa maneira, o letramento matemático emerge como competência essencial para suprir essa lacuna, sendo enfatizado por organismos internacionais, como a OCDE, e incorporado às políticas educacionais brasileiras, por meio da BNCC. Os dados recentes são alarmantes: segundo o PISA (2022), 73% dos estudantes brasileiros não alcançaram o nível básico de proficiência em Matemática.

Apesar de ser um tema que está sendo bastante discutido nos últimos anos, ainda existe uma lacuna significativa nesse aspecto. E no Brasil, ela se torna ainda mais expressiva, pois existem pouquíssimas pesquisas a esse respeito, principalmente levando em consideração autores como Freire (1989), Skovsmose (2001) e D'Ambrósio (2005), que preconizam uma educação matemática crítica e emancipatória.

A opção pelo tema justifica-se pela necessidade de a Matemática precisar adequar-se à realidade e cultura que a permeia. A urgência de uma mudança no ensino, atrelado às novas tecnologias que vão surgindo, fez com que a pesquisa apresentasse uma relevância social, suscitando um debate imediato e atual sobre o papel das novas tecnologias na Educação Básica brasileira e científica, por unir os conceitos de letramento matemático e Inteligência Artificial, observando as tendências, lacunas e os desafios apresentados por pesquisas nacionais e internacionais.

## 1.3 OBJETIVOS

Segundo Gil (2002), os objetivos de uma pesquisa definem o que o investigador pretende conhecer, medir ou comprovar ao longo do estudo, funcionando como guias

para todas as etapas do trabalho. Nesse contexto, reconhecendo a importância dos objetivos para o desenvolvimento da pesquisa, apresentam-se, a seguir, o objetivo geral e os objetivos específicos deste trabalho.

### **1.3.1 Geral**

- Investigar as contribuições da Inteligência Artificial (IA) para o desenvolvimento do letramento matemático na Educação Básica.

### **1.3.2 Específicos**

- Levantar e selecionar produções científicas que abordem a relação entre letramento matemático e IA na Educação Básica;
- Mapear os recursos/plataformas de IA e aplicativos de resolução de problemas no ensino de Matemática identificados na literatura;
- Identificar as contribuições, limitações e desafios pedagógicos do uso de IA para o letramento matemático;
- Analisar as plataformas digitais de IA na promoção do letramento matemático;
- Formular um prompt referente a IA que possibilite a mobilização de conteúdos matemáticos com foco no letramento matemático.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste capítulo apresenta-se o letramento matemático: alguns aspectos históricos; educação matemática e tecnologias digitais; plataformas digitais para educação matemática; e, por fim, Inteligência Artificial na Educação Básica. Tais aspectos colaboram para situar-se, na literatura, características a respeito dos temas trabalhados ao longo do estudo.

### 2.1 LETRAMENTO MATEMÁTICO: ALGUNS ASPECTOS HISTÓRICOS

Ao utilizar o termo letramento, é perceptível a sua associação à Língua Portuguesa. O que não está errado, visto que alfabetização e letramento são termos que estão intimamente relacionados ao processo de aprendizagem da leitura e escrita das pessoas. Com o passar dos anos e o avanço da educação, esses termos passaram a ser universais dentro das disciplinas do currículo e em tantas outras expressões, como é o caso da alfabetização e letramento digital, científico e crítico. Assim, para aprender o que é letramento matemático, faz-se necessário primeiro entender e delimitar o conceito geral de letramento.

Desta forma, define-se letramento, na perspectiva de Soares (2004), como uma expressão que provém da língua inglesa, do termo *literacy*, que deriva do vocábulo *litera*, aludindo à letra. Entretanto, não existe uma tradução precisa para o termo, mas é aceito como sendo o resultado da ação de ensinar ou aprender a ler e escrever.

No Brasil, uma das primeiras aparições do termo letramento ocorreu em 1986, no livro *No mundo da escrita: uma perspectiva psicolinguística*, de Mary Kato; que tratou do letramento como um suporte para a língua falada culta e, dois anos depois, em 1988, no livro *Adultos não alfabetizados: o avesso do avesso*, de Leda Verdiani Tfouni; que fez a distinção entre os significados de alfabetização e letramento.

O estudo do letramento vem ganhando espaço nos últimos anos, principalmente com a BNCC, que versa a respeito dos multiletramentos e da importância do ensino das disciplinas voltadas para o uso social. Pode-se destacar que a definição de letramento matemático é o desenvolvimento de habilidades e competências de “raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente, de modo a favorecer o estabelecimento de conjecturas, a formulação e a resolução de problemas em uma variedade de contextos.” (BRASIL, 2018, p. 266)

Assim, as discussões sobre o letramento matemático estão em consonância também com organismos internacionais. A Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), encarregado pelo PISA, destaca a nova direção mundial de trocar o foco do ensino de Matemática, passando de apenas sistemático para ser desenvolvido por meio de competências de interpretação, modelagem e aplicação contextualizada.

Entretanto, alguns pesquisadores apontam que existe um risco muito grande de diminuir o letramento matemático a um preparatório para avaliações uniformizadas, fracassando a sua tendência de dimensão crítica e autônoma (SKOVSMOSE, 2001; D'AMBRÓSIO, 2005).

Para o PISA (2022), letramento matemático é “a capacidade individual de raciocinar matematicamente e de formular, empregar e interpretar a Matemática para resolver problemas em uma variedade de contextos do mundo real.” (OCDE, 2022, p.7). Sendo assim, letramento matemático pode ser entendido como a habilidade que o estudante tem para resolver problemas dos mais diversos contextos, utilizando os conteúdos aprendidos e testados na sala de aula.

Diante disso, a origem crítica do letramento matemático vem da pedagogia freiriana, que entende a educação como sendo libertadora e ferramenta de conscientização. De acordo com Freire (1989), a leitura do mundo precede a leitura da palavra, da qual, adaptando para a Matemática, o estudante já chega na escola com saberes matemáticos precedentes aos aprendidos na escola, que foram advindos de experiências cotidianas anteriores.

Por conseguinte, D'Ambrósio (2005, p. 22) apresenta o conceito de Etnomatemática, que propõe diferentes maneiras culturais e em contextos sociais distintos de ensinar Matemática. Ainda de acordo com o autor, “a todo instante, as pessoas estão comparando, classificando, quantificando, medindo, explicando, generalizando, inferindo e, de algum modo, avaliando, usando os instrumentos materiais e intelectuais que são próprios à sua cultura.”.

Em consonância com esse ponto de vista, temos que a Matemática se adapta apoiada na cultura de cada lugar, o que ainda é bastante desvalorizado dentro das escolas e da academia, que preconiza um ensino sistemático e em muitos casos, não ajustado.

Skovsmose (2001) propõe a Educação Matemática Crítica (EMC), que foca no papel da Matemática para formar cidadãos críticos, que possam entender não apenas o que é ensinado dentro das salas de aula, mas também saibam manipular os números. Todavia, essa abordagem visa que o estudante compreenda o como, por quem e para que a Matemática é utilizada na sociedade, expandindo a capacidade de identificar e questionar as aplicações da Matemática em diferentes discursos.

Gomes e Bernardi (2022) interligam as perspectivas acima e desenvolvem o conceito de matemacia, que provém do inglês *mathemacy*, evidenciado por Skovsmose em sua abordagem pedagógica. As autoras explicam que “a matemacia representa uma forma de letramento matemático, provendo o suporte matemático e lógico para o exercício de uma cidadania crítica” (GOMES; BERNARDI, 2022, p. 75), promovendo um posicionamento lúcido diante das questões do mundo que os cerca.

No início desta seção, também, foi apresentado o termo alfabetização. De acordo com Albuquerque (2007), “A alfabetização considerada como o ensino das habilidades de ‘codificação’ e ‘decodificação’ foi transposta para a sala de aula, no final do século XIX.”. Logo, é o resultado da ação de ler e escrever, geralmente implementada nos anos iniciais da Educação Básica.

Assim como o letramento, a alfabetização também ganhou sua aplicação na Matemática, sendo conhecida como alfabetização matemática. Conforme Gomes e Bernardi (2022, p. 70), “A alfabetização Matemática ocorre quando o aluno consegue ler e escrever matematicamente, compreendendo seus conteúdos básicos.”. Portanto, é quando o aluno faz a codificação e decodificação dos signos matemáticos, conseguindo assim, ler e escrever de modo matemático, além de entender os conteúdos básicos da disciplina.

Em vista disso, por alfabetização matemática entende-se como a ação de ler, escrever e compreender os conteúdos básicos de Matemática e o letramento matemático é o uso social dos conteúdos matemáticos aprendidos na sala de aula para a vida cotidiana. Vale enfatizar que a alfabetização matemática e o letramento matemático devem ser feitos de forma simultânea e conjunta, assim como é feito no português, para gerar uma aprendizagem significativa para o discente.

## 2.2 EDUCAÇÃO MATEMÁTICA E TECNOLOGIAS DIGITAIS

A inserção de tecnologias ao ensino de Matemática tem origens que precedem a era digital. Ferramentas como ábaco, régua de cálculo e, depois, as calculadoras mecânicas e eletrônicas, eram mediações tecnológicas que mudaram a forma de operar com conceitos matemáticos. Todavia, com a difusão dos computadores domésticos, a partir de 1980, começou uma nova era nas pesquisas e práticas pedagógicas, com foco na aproximação entre tecnologia e Matemática.

No Brasil, as primeiras práticas sistemáticas aconteceram no contexto de políticas públicas, como o Programa Nacional de Informática na Educação (PROINFO), em 1997, que pretendia equipar as escolas públicas com laboratórios de informática e oportunizar formação docente para fins pedagógicos com o uso dessas tecnologias. Borba e Penteado (2017), em sua obra sobre informática e Educação Matemática (EM), registram esse período inicial, marcado por entusiasmo, resistências e aprendizagens sobre o significado de ensinar e aprender Matemática com a ajuda de computadores.

Diversas perspectivas têm guiado a compreensão desse panorama. Uma das principais é o construcionismo, versado por Seymour Papert (1980), discípulo de Piaget. Papert esclarece que tecnologias digitais, particularmente quando consentem que os estudantes programem e criem artefatos, fomentam processos de construção ativa de conhecimento.

O construcionismo não se suprime apenas ao uso instrumental de tecnologias, porém, defende que a execução de *design* e criação mediada por instrumentos computacionais ajudam na aprendizagem significativa e no desenvolvimento do pensamento lógico-matemático.

Outra perspectiva importante é o conectivismo, apresentado por George Siemens (2005), que foca na aprendizagem como processo de construção e navegação em redes de conhecimento. Em um cenário de profusão informacional e conectividade digital, aprender não é apenas internalizar conteúdos, mas é selecionar, avaliar, conectar e criar conhecimentos provenientes de diversas fontes e instrumentos.

Para a Educação Matemática, esse pensamento frisa a importância de ensinar discentes a manusear criticamente recursos digitais, incluindo IA, corroborando com suas potencialidades e limitações. Logo, não basta apenas executar comando, é necessário entender para que usar as tecnologias digitais na educação.

A centralidade dos debates sobre tecnologias na educação refere-se ao papel

do docente. Entretanto, concepções simplistas, com frequência, mostram as tecnologias como substitutas do trabalho do professor, sendo capazes de automatizar o ensino e convertê-lo de forma mais eficaz. Esse ponto de vista, além de errôneo, despreza a complexidade da ação pedagógica e os diversos saberes que os docentes têm em suas práticas.

Estudos na área da Educação Matemática têm mostrado que, a presença de tecnologias, sozinhas, não são garantia de aprendizagem. Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014) sugerem uma constância nas tecnologias digitais em Educação Matemática, reconheceram que em todas as fases, desde o uso de calculadoras e softwares de geometria dinâmica, até a produção de vídeos digitais e o uso de internet é imprescindível a presença do docente como mediador.

São os professores quem definem os objetivos pedagógicos, escolhem as ferramentas adequadas, planejam atividades, fazem intervenções no processo de aprendizagem, avaliam e, sobretudo, concedem sentido matemático às experiências mediadas por tecnologias.

Freire (1996), em *Pedagogia da Autonomia*, já advertia para os riscos de uma educação tecnicista, que reduz o ensino à repetição de informações e o docente a um mero aplicador de técnicas. Para o autor, a educação é um ato político, dialógico e transformador, na qual o professor é um conciliador crítico entre os discentes e o mundo.

Traduzindo essa visão para o uso de tecnologias, pode-se declarar que não basta colocar ferramentas digitais no contexto escolar, pois é necessário que os docentes as incorporem de forma crítica, contextualizada e ordenada a princípios pedagógicos emancipadores. Borba e Penteado (2017) introduzem a alegoria da zona de risco para explicar a experiência de docentes ao incorporarem tecnologias com as quais não estão habituados.

A zona de risco não é algo a ser ignorado, mas é um espaço produtivo de desestabilização e aprendizagem profissional, na qual os professores negociam suas crenças, experimentam novas técnicas e refazem seus saberes docentes. Essa perspectiva identifica que a integração tecnológica é um processo demorado, complexo e que necessita de formação continuada, colaboração entre pares e apoio institucional.

As pesquisas brasileiras em Educação Matemática têm apresentado contribuições teóricas e práticas significativas para o entendimento das relações entre

tecnologias e aprendizagem matemática. Evidenciam-se, nesse plano, as produções de Borba e do Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática (GPIMEM), na Universidade Estadual Paulista (UNESP), *campus* de Rio Claro.

Borba e Villarreal (2005), na obra *Humans-With-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking*, sugerem a construção seres-humanos-com-mídias, embasado em perspectivas socioculturais e no entendimento da inteligência distribuídas. Os autores explicam que, a cognição matemática não é exclusividade na mente individual, mas distribuída entre humanos e dispositivos tecnológicos, formando seres pensantes.

Assim, lápis e papel, calculadora, softwares de geometria dinâmica, internet ou IA não são simples auxiliares externos ao pensamento, mas agentes constitutivos da produção de conhecimento matemático. Essa perspectiva tem consequências pedagógicas profundas.

Se o pensamento matemático é reestruturado na presença de diferentes mídias, então o ato de ensinar Matemática, ajudado por tecnologias, não é simplesmente refazer práticas tradicionais com novas ferramentas, mas compreender que as formas de pensar, representar e operar com conceitos matemáticos se transformam.

O GeoGebra não apenas ajuda na construção de figuras geométricas, mas permite explorar propriedades que não mudam por meio da manipulação dinâmica, algo que não é concebível fazer apenas com régua e compasso. Da mesma forma, a IA generativa pode ofertar diversas representações de problemas, gerar contextualizações variadas e simular conversas que provocam raciocínio, desde que pedagogicamente orientada.

Apesar dos avanços teóricos e das experiências exitosas documentadas na literatura, a inclusão efetiva de tecnologias digitais na Educação Matemática brasileira encara desafios estruturais, pedagógicos e culturais significativos. Desse modo, infraestrutura e acesso, formação docente, concepções sobre ensino e aprendizagem, políticas públicas e sustentabilidade são alguns exemplos que permeiam esse campo.

### 2.3 PLATAFORMAS DIGITAIS PARA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

Silva (2025, p. 1) destaca que “Nas últimas décadas, o avanço das tecnologias

digitais tem provocado transformações significativas em diversos setores da sociedade, incluindo o campo educacional.”. Ainda em consonância com o autor, a Matemática possui uma forte tendência de se beneficiar com a incorporação de recursos digitais.

Desde sistemas tutores adaptativos até aplicativos de resolução instantânea por meio de reconhecimento óptico, transitando por ferramentas de IA generativa, o ramo educacional, atualmente, goza de uma gama de recursos tecnológicos que asseguram personalizar, acelerar e facilitar a aprendizagem matemática.

A seguir, segue um mapeamento crítico das principais plataformas disponíveis, visando identificar suas características, potencialidades e limitações, considerando os conceitos de letramento matemático, integração tecnológica e Educação Matemática Crítica (EMC), discutidos nesta dissertação.

Antes de apresentar as plataformas analisadas, é necessário esclarecer os critérios utilizados para a descrição e avaliação das ferramentas. Eles se fundamentam nas discussões desenvolvidas ao longo desta seção e serão retomados, de forma sistemática, na seção de metodologia deste estudo. Como critérios escolhidos, destacam-se: abordagem pedagógica, alinhamento ao letramento matemático, adaptabilidade, *feedback*, acessibilidade, equidade, dados e privacidade.

### **2.3.1 Sistemas tutores inteligentes e plataformas adaptativas**

Sistemas Tutores Inteligentes (ITS) e plataformas adaptativas são técnicas de IA para singularizar o ensino, oferecendo *feedback* instantâneo e adaptando o conteúdo às necessidades individuais de cada estudante (VanLehn, 2011; Holmes; Bialik; Fadel, 2019).

A seguir, trata-se de duas plataformas adaptativas. A primeira possui dimensão internacional e consolidada, o Khan Academy, que cada dia mais vem se desenvolvendo e apresenta novos recursos na sua interface. A segunda, o Geekie, que é uma plataforma brasileira com foco na preparação para o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) e para os vestibulares.

#### **2.3.1.1 Khan Academy**

A Khan Academy foi fundada em 2006, por Salman Khan que, inicialmente,

criou videoaulas no YouTube para dar assistência a sua prima nas dificuldades em Matemática, modificando-se, em seguida, em uma organização sem fins lucrativos com a missão de fornecer educação gratuita e de qualidade para qualquer pessoa (THOMPSON, 2011).

Com o passar do tempo, a plataforma evoluiu de um simples repositório de vídeos para um sistema adaptativo sofisticado, que engloba videoaulas, exercícios personalizados e recursos para docentes, tornando-se uma das plataformas educacionais mais utilizadas mundialmente (KHAN ACADEMY, 2023).

As principais características da plataforma são:

- Aprendizagem adaptativa: o sistema se ajusta ao nível dos exercícios, baseado na performance do estudante, reconhecendo as lacunas e apresentando práticas direcionadas;
- Missões e domínio: os alunos podem escolher missões proporcionais às séries ou anos escolares e dedicar-se até conseguir alcançar 10 acertos consecutivos em cada habilidade;
- Recursos para professores: painéis analíticos que trazem a evolução individual e coletiva dos estudantes, permitindo, se necessário, mediações pedagógicas direcionadas;
- Khanmigo (IA generativa): lançado em 2023, é um assistente fundamentado em GPT – 4, que apresenta tutoria socrática, não fornece respostas imediatas e prontas. Mas, faz questionamentos para nortear o raciocínio do aluno, e é disponibilizado apenas mediante assinatura paga.

As principais potencialidades da plataforma são:

- Acesso gratuito de alta qualidade;
- Aprendizagem independente e no ritmo de cada participante;
- *Feedback* instantâneo e singularização de trajetórias.
- Apesar das potencialidades, existem algumas limitações, como:
- Foco principalmente em habilidades procedimentais;
- Questões contextualizadas são escassas;
- As videoaulas podem ser muito rápidas;
- Khanmigo é um recurso pago, o que acaba limitando o uso isonômico;
- Dificuldade de inserção com sistemas escolares brasileiros.

Figura 1 – Interface do Khan Academy da Disciplina de Álgebra

The screenshot displays the Khan Academy interface for Algebra I. At the top, there is a search bar and navigation options. The main content area is divided into several sections: 'MISSION PROGRESS' showing a 45% progress circle and statistics (78 skills mastered, 2 skills level two, 0 skills level one, 0 skills practiced, 95 skills not started); 'UPCOMING BADGES' with two challenge goals; 'RECENTLY FINISHED' listing two completed mastery challenges; and 'SKILLS UP NEXT FOR YOU' which includes a 'MASTERY CHALLENGE' button and a list of practice topics with 'Practice' buttons.

Fonte: <https://blog.khanacademy.org/introducingthe-learning-dashboard/>

Figura 2 – Interface do Khanmigo

The screenshot shows the Khanmigo user profile for 'Dustin O.'. The interface includes a top navigation bar with the user's name and profile picture, and a sidebar on the left with menu items. The main content area is titled 'Meu perfil' and contains several sections: 'Conquistas' (Achievements) with five icons; 'Estatísticas do usuário' (User Statistics) showing 'Data de cadastro' (há 6 anos), 'Pontos de energia conquistados' (990.514), and 'Vídeos concluídos' (205); 'Discussão' (Discussion) with 'Exibir tudo'; 'Estatística' (Statistics) showing '4 perguntas', '4 respostas', '6 respostas a pedidos de ajuda', and '1 dica ou agradecimento do projeto'; 'Contagem de medalhas' (Medal Count) with a bar chart showing counts for different medal types; and 'Projetos' (Projects) with two project thumbnails.

Fonte: <https://support.khanacademy.org/hc/pt-br/articles/20080075470477-Como-editar-as-configura%C3%A7%C3%B5es-do-Khanmigo-para-meus-alunos>

Silva e Voelzke (2021) apontam que o uso da plataforma Khan Academy proporcionou um aumento de 66% no rendimento escolar nas turmas controle e 88% de melhora em relação as outras turmas. Dessa forma, comprova-se que o uso de plataformas adaptativas, quando mediadas corretamente, tem resultado positivo e ainda podem auxiliar na promoção do letramento matemático. Corroborando esses achados, Reis, Silveira e Yamasaki (2018) observam que o uso do Khan Academy tornou os alunos mais motivados, autônomos, colaborativos; além de melhorar o relacionamento professor-aluno. 2.3.1.2

### 2.3.1.2 Geekie

A Geekie é uma plataforma brasileira de aprendizagem adaptativa, fundada em 2011, com foco principal na preparação dos discentes para o ENEM. Assiste cerca de 5 mil escolas e 5 milhões de estudantes, sendo largamente utilizada na rede pública de ensino por meio de parcerias.

Suas principais características são:

- Diagnóstico adaptativo: identificando o grau de conhecimento do discente em cada área/competência;
- Trilhas personalizadas: baseadas no diagnóstico, sugerindo vídeo aulas, textos e questões específicas;
- Simulados e gamificação: os alunos realizam simulados frequentes e acumulam pontos/badges.

As potencialidades da plataforma giram em torno de:

- Alinhar-se ao cenário brasileiro da BNCC e do ENEM;
- Interface em português, conteúdos atuais e contextualizados;
- Supervisão pormenorizada de docentes e gestores.

Contudo, existem limitações, como:

- Foco exagerado em preparação para vestibulares, fortalecendo a lógica conteudista;
- Pouco destaque em competências/habilidades críticas ou criativas;
- Plataforma paga, apesar de ser adotada por diversas secretarias de educação, não é disponível individualmente.

**Figura 3 – Interface do Geekie**



Fonte: <https://educacaoeterritorio.org.br/reportagens/criador-da-geekie-aposta-em-ensino-personalizado-para-melhorar-educacao-brasileira/>

Vale salientar que, de acordo com Teixeira e Lima (2020), a plataforma Geekie é estruturada em dois módulos: o de alunos e de educadores, o que facilita o *feedback* e o entendimento mais preciso da dúvida do aluno. Isso auxilia o professor a identificar e sanar a dúvida específica de forma mais rápida e eficiente. Além disso, a plataforma oferece suporte a conteúdos variados, como: aulas, provas, listas de exercícios, e arquivos de mídia; que ajudam na proficiência matemática do aluno.

Para os professores, atua como facilitadora no planejamento pedagógico. A plataforma possibilita a criação e gestão de aulas, avaliações e sequências de exercícios. Essa ferramenta é importante para o desenvolvimento do letramento matemático ao permitir intervenções mais contextualizadas nas dificuldades matemáticas específicas dos alunos.

### 2.3.2 Aplicativos de resolução de problemas

Aplicativos como Photomath e Mathway utilizam Inteligência Artificial para fornecer soluções passo a passo para problemas matemáticos. Borba, Silva e Gadanidis (2020) reconhecem essa abordagem como uma nova fase das tecnologias digitais aplicadas à Educação Matemática, possibilitando aos estudantes acesso instantâneo às soluções e às explicações. Apesar desses recursos serem

importantes para esclarecer dúvidas em qualquer momento de estudo, seu mau uso pode gerar uma “cola” ou dependência tecnológica.

Nas seções subsequentes, explica-se a respeito dos aplicativos citados, apresentando suas potencialidades, limitações, desafios e discussões sobre seu uso ético no contexto educacional.

### 2.3..2.1 Photomath

O Photomath é um aplicativo que utiliza Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR) e IA na resolução de problemas matemáticos, a partir de fotos tiradas pelo smartphone. Dos aplicativos apresentados aqui, é o que existe há mais tempo, foi lançado em 2014, porém tornou-se popularizado em 2022, quando foi comprado pelo Google. Atualmente, constam mais de 220 milhões de downloads mundialmente.

Suas principais características são:

- Resolução instantânea de problemas: o usuário fotografa uma equação (impressa ou escrita) e o aplicativo gera a solução em segundos;
- Passos explicados: a versão gratuita do aplicativo mostra os passos de resolução da equação dada. Já na versão paga (Photomath Plus) são oferecidos tutoriais animados, diversos métodos de resolução e explicações mais detalhadas acerca da resolução do problema;
- Abrangência: seu sistema consegue resolver desde equações de aritmética básica, até cálculo diferencial e integral.

As potencialidades presentes no aplicativo são:

- Acessibilidade: o aplicativo opera no modo offline (após o download dos conteúdos);
- Interface gratuita: rápida e de fácil acesso e manuseio;
- Estudantes que não possuem acesso a tutores podem conseguir explicações do passo a passo das resoluções.

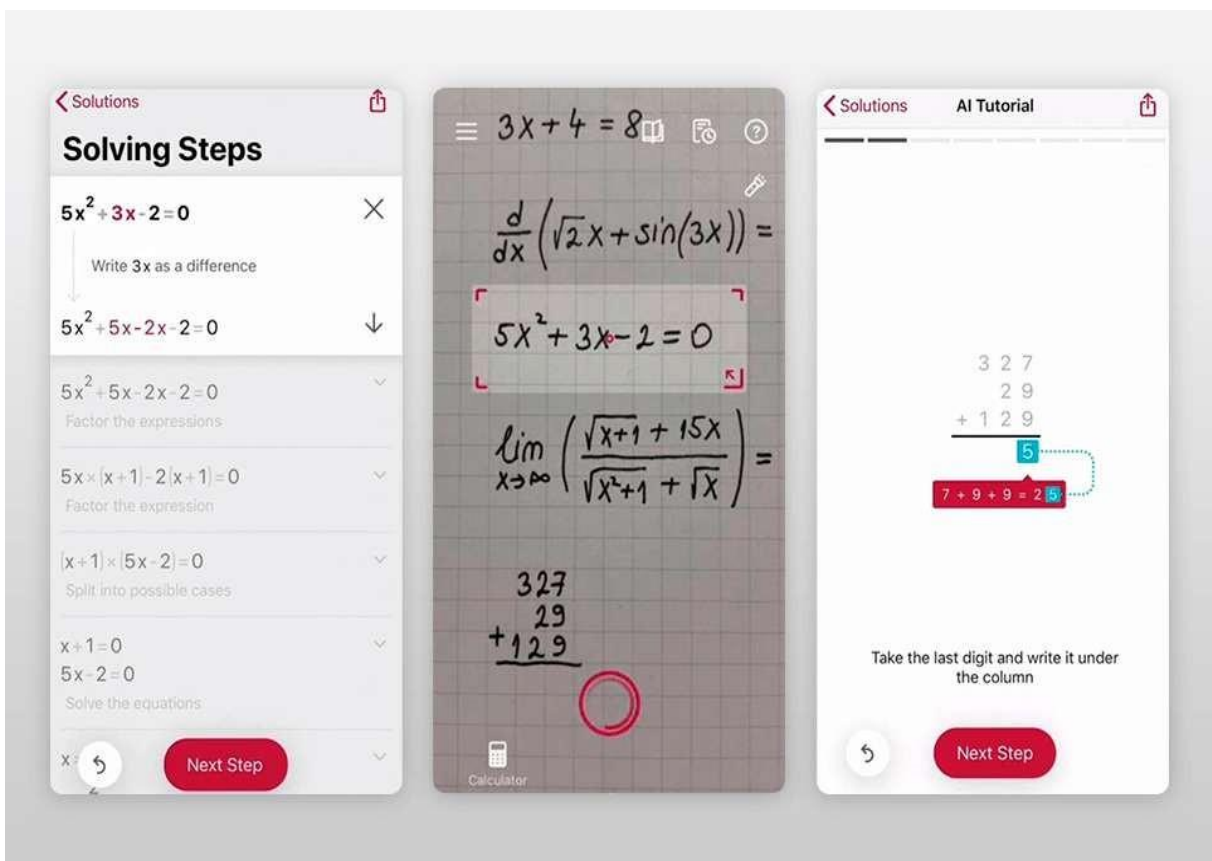
As principais limitações e críticas que permeiam o aplicativo são:

- Risco de uso inadequado, devido a sua facilidade de acesso;
- Alguns estudantes fazem uso do aplicativo para copiar respostas sem entender

o processo de resolução, conforme relatos em avaliações do aplicativo na AppStore e GooglePlay, com foco procedimental;

- O aplicativo apenas resolve algoritmos, mas não incrementa interpretação, modelagem ou pensamento crítico do discente;
- Não contextualiza, as questões propostas são tratadas como equações abstratas, sem conexão com situações reais;
- Em alguns casos não fica claro por que determinado método foi usado na resolução ou como generalizá-lo para problemas similares.

**Figura 4** – Interface do Photomath



Fonte: <https://fixthephoto.com/best-mathematical-software.html>

O Photomath mostra uma apreensão no uso de tecnologias educacionais, pois os instrumentos que explanam respostas prontas podem contribuir para a cola tecnológica, porém também democratizam o acesso. A literatura sugere que seu uso pedagógico depende da mediação docente: os professores podem orientar os estudantes a usar o aplicativo para verificar respostas após uma tentativa própria de resolução do problema, ou ainda, para entender os procedimentos alternativos de

resolução, e não como um substituto do pensamento (WARDAT et al., 2024).

### 2.3.2.2 Mathway

O Mathway foi lançado em 2008, como uma calculadora online com a função de resolver problemas matemáticos, expandindo, mais tarde, para trigonometria, cálculo, estatística, química e física; além de aplicativos móveis OCR para solucionar problemas fotografados (MATHWAY, 2023). Obtido pela Chegg Inc., em 2017, o Mathway possui, atualmente, mais de 250 milhões de downloads, oferecendo respostas gratuitas, apesar do acesso aos passos detalhados de resolução exigir assinatura paga (CHEGG, 2017).

Da mesma maneira que acontece com o Photomath, o Mathway compartilha limitações pedagógicas significativas: a ênfase em respostas prontas pode facilitar a cola tecnológica. Os discentes podem adquirir as respostas sem compreender processos de resolução, corroborando para a necessidade de mediação docente crítica a fim de que essas ferramentas sejam utilizadas como apoio à aprendizagem e não como substituto do pensamento matemático (WARDAT et al., 2024).

Suas principais características são:

- Calculadora interativa de acordo com as áreas (álgebra, trigonometria, cálculo);
- Soluções gratuitas, porém para entender o passo a passo da resolução das questões mais detalhadamente, é necessário utilizar a versão paga.

Suas limitações são descritas como:

- Problemas técnicos frequentes mencionados pelos usuários do aplicativo, como lentidão e travamentos;
- As críticas são parecidas com as do aplicativo Photomath, o seu uso é, em muitos casos, apenas no foco na resposta e no risco da “cola digital”, e não na aprendizagem do discente.

**Figura 5 – Interface do Mathway**



Fonte: <https://www.mathway.com/pt/Algebra>

Alqashanin e Faqih (2022) desenvolveram um estudo em Najran, no Reino da Arábia Saudita. Nesse estudo, eles dividiram o grupo de 83 alunos, de forma que 42 alunos fossem do grupo controle e 41 do grupo experimental. O grupo de 41 alunos estudou pelo Mathway e o de 42 virou grupo controle. Foi aplicado um pré e pós-teste, e o resultado comprovou que o desempenho pós-teste dos alunos que utilizaram o aplicativo foi melhor estatisticamente ( $\alpha \leq 0,05$ ), recomendando o uso do aplicativo, desde que seja feito com mediação docente.

### 2.3.3 Ferramentas de IA generativa

Modelos de linguagem de grande escala (LLMs) como o ChatGPT, Claude e Gemini têm sido amplamente utilizados por discentes e docentes, para ajudar em atividades matemáticas, apesar de não terem sido criadas para fins pedagógicos e educacionais.

Para seu uso educacional, é comum que as explicações de conceitos matemáticos, sejam eles complexos ou não, utilizem uma linguagem mais acessível,

gerando exercícios contextualizados, e em muitos casos, com a resolução de problemas passo a passo, o que facilita o entendimento e aprendizagem. Para os docentes, existe a possibilidade de criação de planos de aula e materiais didáticos produzidos pelas ferramentas de IA generativa, a partir de prompts para a execução dos comandos.

Como potencialidades, temos:

- A versatilidade de responder perguntas abertas, adequando-se às explicações ao nível de entendimento do usuário e ofertando diversas performances;
- A multifuncionalidade das ferramentas ChatGPT e Gemini em suas versões gratuitas e do Claude, que é disponível por meio de assinatura;
- A personalização que pode representar diálogos socráticos, nos quais não se têm respostas prontas, mas, a construção do conhecimento, se bem orientados por prompts adequados.
- Apesar das potencialidades e multifuncionalidades, existem ainda limitações críticas que permeiam essas ferramentas, por exemplo:
  - As alucinações: frequentemente as LLMs podem gerar respostas matematicamente equivocadas com aparência de precisão, em particular, em problemas complexos e não usuais (KASNECI et al., 2023);
  - Falta de transparência: as ferramentas não explicam como chegaram na resposta, apenas apresentam o produto pronto, sem apresentar o passo a passo da resolução, tão necessário nos estudos de Matemática;
  - A dependência tecnológica: alguns estudantes podem adquirir ao recorrer às LLMs, pois as soluções já vêm prontas, sem a exigência do entendimento, buscando apenas de copiar.

A UNESCO (2023) faz recomendações muito precisas quanto ao uso de LLMs, ela versa que é necessário que o seu uso seja supervisionado por um docente, tenha legitimação humana das resoluções e orientações a respeito do uso ético e crítico dessas ferramentas. Destarte, os docentes devem explicar aos estudantes a utilização dessas ferramentas como assistentes educacionais de aprendizagem, e não como sendo substitutos do pensamento e raciocínio para a resolução de problemas.

### 2.3.3.1 ChatGPT

O ChatGPT é um modelo de linguagem desenvolvido pela OpenAI em 2022,

embasado na arquitetura *Transformer*. Inicialmente proposta por Vaswani et al. (2017), ele faz parte da família dos modelos *Generative Pre-trained Transformer* (GPT). Esse foi um marco na Inteligência Artificial, por sua competência de interagir em linguagem natural de forma fluente e contextualizada (OPENAI, 2022).

Foi baseado, no início, na arquitetura GPT – 3.5 e depois atualizado para o GPT – 4. Em 2023, o modelo utilizava conhecimentos por reforço, mediado por *feedback* humano, podendo gerar respostas com sentido, em múltiplos idiomas e domínios (OUYANG *et al.*, 2022).

O ChatGPT atingiu crescimento exponencial, alcançando 100 milhões de usuários em apenas dois meses, o mais rápido da história das aplicações de internet (HU, 2023). Atualmente, segue sendo largamente utilizado na educação para tutoria, produção de materiais didáticos e suporte à aprendizagem, apesar do seu uso levantar questões sobre dependência cognitiva e necessidade de mediação pedagógica crítica (BAIDOO-ANU; ANSAH, 2023; KASNECI *et al.* 2023).

Ressalta-se que, algumas características da plataforma são:

- Modelos avançados: como o GPT - 5, GPT – 4 e GPT – 5 mini;
- Contexto extenso: de 128K - 1M tokens, possuindo memória personalizada e conversas longas;
- Multimodalidade: com processamento de texto, imagens, voz e busca web em tempo real;
- Modelos inteligentes: *thinking* (raciocínio passo a passo), Canvas (edição colaborativa), Agents (tarefas autônomas em beta).
- As potencialidades da plataforma são:
- Raciocínio avançado: líder em *benchmarks* complexos (*math, coding, planejamento*) e exemplar para tutoria personalizada e resolução de problemas;
- Versatilidade educacional: elabora exercícios contextualizados, planos de aula, explicações socráticas, apoio 24/7<sup>2</sup> para aprendizagem autônoma;
- Criação de multimídia: análise de imagens, voz natural, integração com ferramentas (*code interpreter, data analysis*);
- Produtividade, *brainstorming*, redação, tradução, otimização de pesquisa e criação de conteúdo;

---

<sup>2</sup> 24 horas por dia e 7 dias por semana, isto é, está disponível a qualquer momento.

- Escalabilidade: milhões de usuários diariamente;
- Gratuito: com *features* avançadas para educação;
- Sobre censura/ética: respostas cautelosas em temas sensíveis, preocupações com privacidade e autoria.

As limitações da plataforma são:

- Alucinações e erros: pode gerar respostas confusas ou inventadas, especialmente em temas complexos/novos;
- Limite de uso: *free* restrito (10-60 mensagens GPT-5/5h) e corte do conhecimento;
- Dependência: risco de cola tecnológica e diminuição do pensamento crítico sem mediação;
- Falta de transparência: não explica o raciocínio adotado por inteiro e reduz o pensamento crítico sem mediação ou tutoria;

**Figura 6 – Interface do ChatGPT**



Fonte: <https://www.testingcatalog.com/openai-tests-new-chatgpt-interface-with-searchgpt-inspired-design/>

Sendo assim, percebe-se o grande potencial do ChatGPT para a Educação Matemática, principalmente no que diz respeito a explicações personalizadas e acessibilidade. Porém, existem as limitações que giram em torno dos erros

matemáticos, uso sem mediação pedagógica, questões éticas e risco de dependência tecnológica. Selwyn (2017) alerta que tecnologias não são neutras, incorporando valores de quem as desenvolve, o que demanda a mediação crítica de professores, a fim de auxiliar o uso para o desenvolvimento matemático, não apenas para resolução procedimental.

### 2.3.3.2 Claude

O Claude é um modelo de linguagem elaborado pela Anthropic, empresa fundada em 2021, por ex-membros da OpenAI, com atenção em segurança e alinhamento de IA aos valores humanos (ANTHROPIC, 2023). Inaugurado em março de 2023 e evoluídos por meio das versões Claude 2, Claude 3 e Claude 3.5 Sonnet, o protótipo foi criado com base na técnica de “*Constitutional AI*”, que foca em treinar sistemas para serem úteis, honestos e inofensivos, por meio de princípios éticos incorporados no decorrer do treinamento (BAI *et al.*, 2022).

Diferindo-se de outros LLMs por seu cuidado com a segurança, transparência e capacidade de verificar enquadramentos extensos (até 200 mil tokens), o Claude vem conseguindo adoção crescente em cenários educacionais. A sua valorização acontece por produzir respostas mais cautelosas e contextualmente adequadas, mesmo que ainda apresente limitações quanto à possibilidade de erros factuais e dependência de prompts bem estruturados (ANTHROPIC, 2024).

As características do Claude AI são:

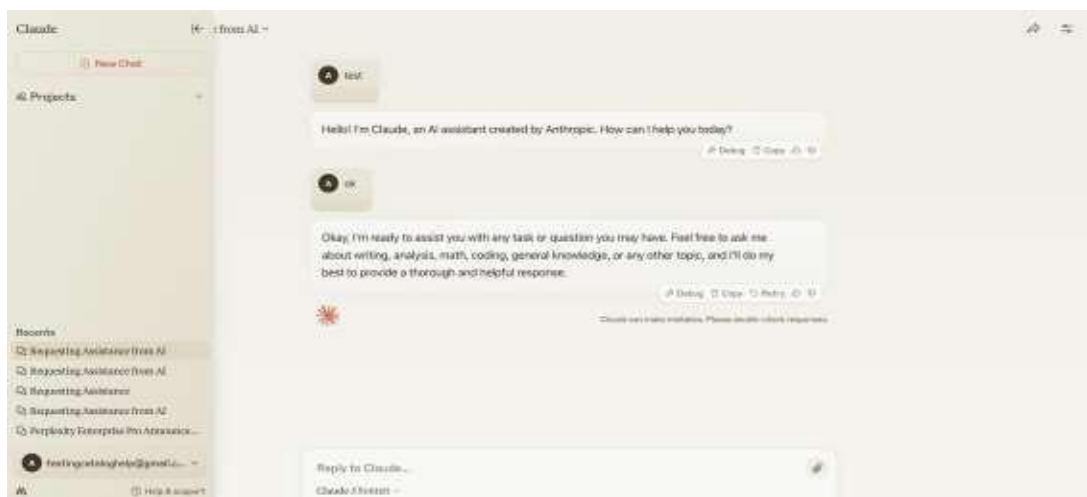
- Modelos especializados como o Haiku, Sonnet, Opus e Claude 3.5/4.5;
- Contexto amplo: até 200K - 1M de tokens para conversas longas e documentos extensos;
- Segurança constitucional: a plataforma é treinada com princípios éticos e integrados para respostas verdadeiras e inofensivas;
- Multimodalidade: processa texto, imagens e análise visual, além de tutoria socrática via prompts;
- Ferramentas integradas: com a codificação, análise de artefatos, modo *extended thinking* para raciocínio profundo.

As potencialidades principais da plataforma são:

- Excelência em codificação: líder em *benchmarks*, cria código limpo e natural;

- Respostas humanas: gera texto contextualizado, resumindo e analisando com precisão ética;
  - Segurança e confiabilidade: baixa taxa de alucinações, o que o torna acessível para a educação, análise e *workflows* empresariais;
  - Versatilidade: pela sua capacidade de ser suporte em tarefas complexas como *brainstorming*, tradução e simulação dialógica;
  - Acessibilidade: com planos gratuitos com API flexível para desenvolvedores.
- As principais limitações são:
- Incapacidade de gerar imagens: analisa, porém não tem condições de criar conteúdo visual/áudio;
  - Limitação de uso: com planos gratuitos e mensagens diárias restritas, com custo alto;
  - Sobrecensura: pode ser excessivamente cauteloso, limitando a criatividade em prompts sensíveis;
  - Sem busca em tempo real: corte de dados em abril de 2025, depende de prompts para atualizações;
  - Riscos experimentais: ferramentas como Computer Use ainda está em beta, com erros potenciais.

**Figura 7 – Interface do Claude**



Fonte: <https://www.testingcatalog.com/claude-ai-teases-claudia-interface-with-a-sidebar-akin-to-chatgpt/>

Por fim, pode-se afirmar que o Claude representa um LLM alternativo, que se destaca pela ênfase em segurança, alinhamento ético e redução de vieses. Apesar de compartilhar características técnicas com o ChatGPT e Gemini, seu foco maior está na transparência e no

controle do usuário.

Holmes, Bialik e Fadel (2019) enfatizam que modelos de linguagem em grande escala exigem validação rigorosa quanto à precisão, a vieses e à adequação pedagógica antes de adoção educacional, sendo que questões de segurança, privacidade e alinhamento éticos são centrais para integração responsável (SELWYN, 2017).

Contudo, a ferramenta Claude não apareceu em nenhum dos 44 trabalhos incluídos no *corpus* final dessa pesquisa. Acredita-se que isso se deva ao seu lançamento em 2023 e ao foco inicial mais empresarial, o que o manteve menos visível no âmbito educacional.

Esse fato é uma perda, visto que quanto mais plataformas forem incluídas, testadas e analisadas no campo educacional, tem-se mais resultados e contribuições, em particular a Educação Matemática para o desenvolvimento do letramento matemático. Ferramentas com forte viés ético e de transparência poderiam enriquecer debates sobre uso crítico e responsável da IA, ajudando a evitar um letramento meramente instrumental.

### 2.3.3.3 Gemini

O Gemini é o modelo de linguagem desenvolvido pela Google DeepMind, lançado em 2023, como substituto do LaMDA e PaLM 2, retratou a resposta do Google à competição em IA generativa (GOOGLE, 2023). Produzido como modelo multimodal nativo, o Gemini processa e gera texto, imagens, áudio, vídeo e código de forma integrada, diferindo-se de modelos que possuíam multimodalidade adicionada posteriormente (REID et al. 2024).

Disponível em três versões – Ultra, Pro e Nano – e evoluído para o Gemini 1.5 Pro, em 2024, com capacidade de processar até 1 milhão de tokens de contexto, o modelo tem demonstrado desempenho melhor em *benchmarks* acadêmicos, atingindo 90% no MMLU (*Massive Multitask Language Understanding*), passando especialistas humanos (GOOGLE DEEPMIND, 2023). No cenário educacional, o Gemini tem sido utilizado para geração de materiais didáticos e explicações personalizadas, mesmo que compartilhe desafios comuns a outros LLMs, como alucinações e necessidade de validação humana.

As principais características da plataforma são:

- Modelos avançados: como o Gemini 3 Pro (raciocínio *state-of-the-art*, multimodal: texto/imagens/áudio/vídeo), 2.5 Flash (rápido, eficiente) e Nano (para dispositivos móveis, como Pixel);
- Contexto extenso: até 1M - 2M tokens;

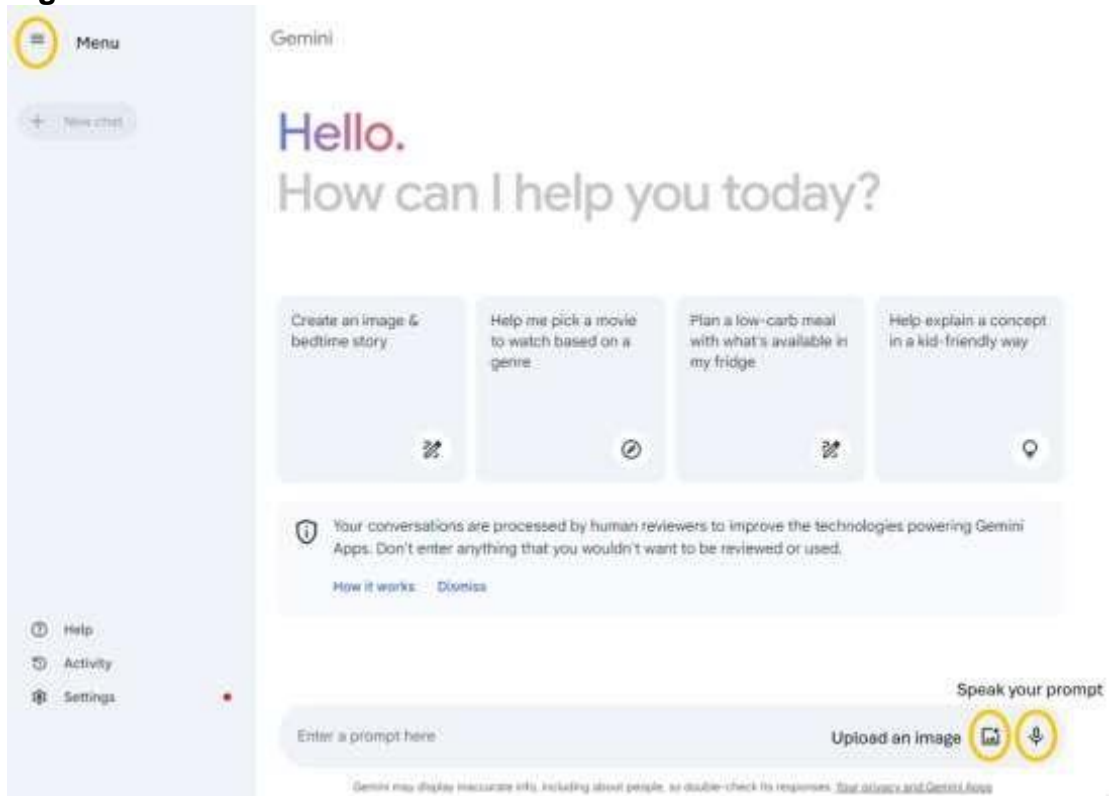
- Multimodalidade nativa: processando textos, imagens, áudio/vídeo e integração com aplicativos Google;
- Modos inteligentes: *deep think* (raciocínio complexo em *math/coding*) e *Agent Mode* (tarefas multi-etapas, *web browsing*);
- Planos *Tiered*, com pacotes *free*, *AI Pro*, *AI Ultra*.

As principais potencialidades da plataforma são:

- Raciocínio superior: líder em *benchmarks*, excelente para *math*, *coding*, análise de dados e planejamentos de longo prazo;
- Criação multimídia: com geração de imagem (Imagen 4), vídeos (Veo 3), *podcasts*, transforma fotos em vídeos animados;
- Integração Google: busca em tempo real, resumos de páginas, *quizzes* interativos, 650M+ usuários mensais;
- Eficiência e escala: custo baixo para alto volume, suporte e agentes independentes e *workflows* colaborativos;
- Acessibilidade educacional: gratuito para estudantes e personalização para aprendizado.

As limitações da plataforma são:

- Limites de uso: restrições diárias no plano *free* e custos altos para *Ultra/API*;
- Dependência de dados Google: menos adaptável fora do ecossistema Google e corte de dados em 2025 (sem busca nativa em tempo real);
- Alucinações potenciais: pode se equivocar em tarefas ultra-complexas sem *Deep Think*, *benchmarks* apresentam liderança, mas não perfeição;
- Recursos em: *Beta*, *Agent Mode* e integrações experimentais, com possíveis erros;
- Sobrecarga multimodal: o processamento de vídeo/áudio pode ser bastante lento em dispositivos *low-end*, sem suporte nativo a áudio *output* em todos os modelos.

**Figura 8 – Interface do Gemini**

Fonte: [https://ucddublin.pressbooks.pub/StudentResourcev1\\_od/chapter/googles-bard/](https://ucddublin.pressbooks.pub/StudentResourcev1_od/chapter/googles-bard/)

Isso posto, percebe-se que o Gemini se destaca, principalmente, por sua capacidade multimodal nativa (texto, imagem e áudio), o que amplia, consideravelmente, as possibilidades de interação educacional (HOLMES; BIALIK; FADEL, 2019). Quando está integrado no ecossistema Google, sua produtividade e acessibilidade aumentam, mas isso também intensifica a dependência de plataformas comerciais, com todos os riscos de concentração de poder e dados que isso implica (SELWYN, 2017).

Por outro lado, o Gemini tem um potencial muito grande no campo educacional. Lançado no final de 2023, ele está sendo integrado aos poucos, mas já demonstra capacidade para apoiar o desenvolvimento do letramento matemático, especialmente quando há mediação docente cuidadosa.

### 2.3.4 Plataformas brasileiras: oportunidades e desafios

Além da plataforma Geekie, já citada, têm destaque no contexto brasileiro mais duas plataformas: Matific e Árvore de Livros. A Matific é uma plataforma australiana que foi integrada ao cenário brasileiro, com foco nos anos iniciais do ensino

fundamental. É uma plataforma gamificada, com atividades lúdicas e gradação por níveis, necessita de assinatura paga e é adotada por algumas escolas de redes públicas, por meio de parcerias.

A plataforma Árvore de Livros é uma biblioteca digital que engloba leitura e atividades interativas, incluindo a disciplina de Matemática. O foco em letramento literário existe e abrange módulos para letramento matemático, com materiais contextualizados.

Em ambas as plataformas existem desafios comuns, como:

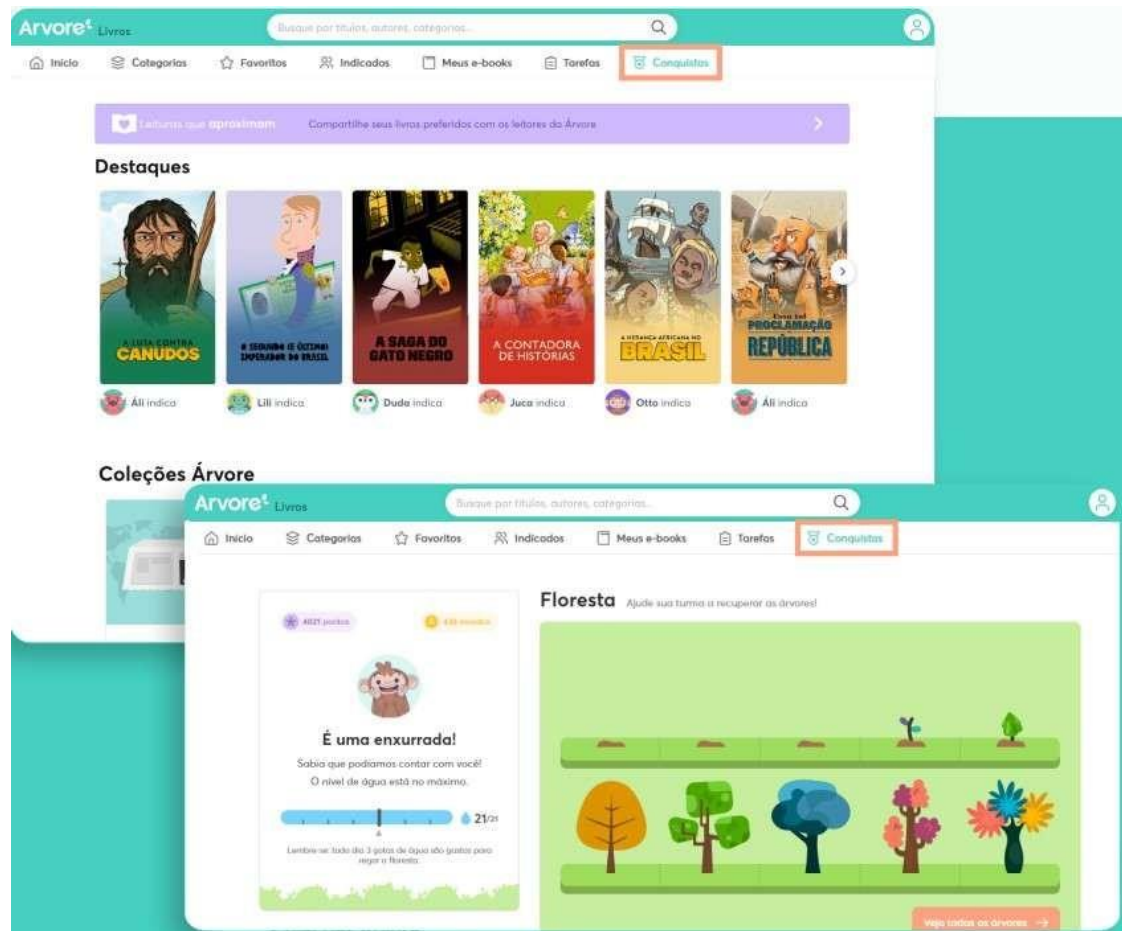
- Dependência de parcerias público-privadas, produzindo descontinuidades em seu uso;
- Custos altos para adotar individualmente por famílias de baixa renda;
- As avaliações da plataforma são escassas e sem uma efetividade pedagógica tão boa;
- Dificuldade de agregação com sistemas de gestão escolares existentes.

**Figura 9 – Interface do Matific**



Fonte: <https://www.matific.com/bra/pt-br/home/>

**Figura 10:** Interface da Árvore de Livros



Fonte: <https://www.central.arvore.com.br/topico-tutorial/acessando-a-floresta>

A análise crítica das plataformas mostra que a tecnologia, por si mesma, não define qualidade pedagógica. Ferramentas como Photomath e Mathway, embora populares, continuam com os modelos de aprendizagem com base em reprodução de algoritmos, tendo pouca contribuição ao letramento matemático em suas dimensões críticas, contextualizadas e sem abranger as competências necessárias.

Por outro ângulo, plataformas adaptativas como Khan Academy e Geekie, mesmo sendo mais sofisticadas, ainda têm como foco principal competências procedimentais, com destaque para sua limitação em modelagem, interpretação ou uso social da Matemática.

As ferramentas de IA generativa ChatGPT, Claude, Khanmigo e Gemini apresentam um potencial distinto, mas sua efetividade depende primordialmente de: designs de prompts, mediação docente e validação humana. Essas são peças-chaves para seu uso crítico, ético e com efetividade voltada para aprendizagem, não

apenas para reprodução de soluções de questões ou de raciocínios prontos.

Portanto, nenhuma das plataformas analisadas nesta seção integra, de forma sistemática e explícita, princípios da Educação Matemática Crítica (EMC) ou da Etnomatemática. Assim, questões contextualizadas, quando presentes, voltam a ser genéricas e fora das realidades socioculturais específicas. Dessa maneira, não existem plataformas específicas que reconheçam e valorizem saberes matemáticos populares, que problematizam usos ideológicos da Matemática em discursos midiáticos ou políticos, ou mesmo promovam análises críticas de dados estatísticos.

Por fim, as ferramentas descritas nesta seção oferecem potencialidades, mas seu impacto positivo depende de uma integração crítica a práticas pedagógicas fundamentais. Borba, Silva e Gadanidis (2020) salientam que as tecnologias digitais devem ampliar as capacidades humanas, não as substituir. D'Ambrósio (2005) propõe que a Educação Matemática priorize a dignidade, a justiça e a transformação social. Já Skovsmose (2001) apresenta uma análise crítica e constante sobre os conteúdos ensinados, a forma como estão sendo transmitidos e se contribuem para formar cidadãos capazes de questionar e transformar a realidade.

Na prática, uma implementação responsável da IA na Educação Matemática demanda, portanto:

- Mediação pedagógica crítica por parte dos professores;
- Foco em um letramento matemático verdadeiramente emancipatório;
- Promoção de equidade no acesso e uso das ferramentas;
- Alinhamento com as diretrizes da BNCC e do PISA;
- E, sobretudo, um questionamento permanente sobre a finalidade do ensino: Para quê? Para quem? E a serviço de que interesses a Matemática está sendo desenvolvida?

Somente diante dessa realidade pode-se inferir se a IA poderá contribuir de forma significativa para uma Educação Matemática relevante, que vá além da eficiência técnica e realmente empodere os alunos como cidadãos críticos e ativos.

## 2.4 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO BÁSICA

As tecnologias digitais já estão presentes há muitos anos na educação. As primeiras experiências datam das décadas de 1960 e 1970, com o ensino

programado<sup>3</sup>. Nas décadas de 1980 e 1990, começou a disseminação de computadores domésticos, até a popularização da internet e dos dispositivos móveis no século XXI. A associação entre tecnologia e educação vem sendo marcada por promessas de transformação, entusiasmos, resistências e resultados, nem sempre proporcionais às promessas iniciais.

A Inteligência Artificial (IA) está contida nessa trajetória, mas com suas particularidades, que a diferencia das anteriores, como: sua capacidade de processar grandes volumes de dados, identificar padrões, ajustar-se a comportamentos individuais e, mais recentemente, promover conteúdos de forma autônoma.

O vocábulo Inteligência Artificial foi conhecido em 1956, durante a conferência de Dartmouth (EUA), que agrupou pesquisadores como John McCarthy, Marvin Minsky e Herbert Simon, os quais sugeriram desenvolver máquinas capazes de emular processos cognitivos humanos (MCCARTHY *et al.*, 1956). Desde então, a IA vem passando por avanços tecnológicos, expectativas superestimadas e alguns períodos de ceticismos<sup>4</sup>.

Na educação, o primeiro momento de aplicações de IA surgiu nas décadas de 1960 e 1980, com os chamados Sistemas Tutores Inteligentes (ITS). Esse tipo de sistema possui três componentes principais, a saber: um modelo de domínio (baseado no conhecimento a ser ensinado), um modelo do estudante (diagnóstico do nível de conhecimento do aprendiz) e um modelo pedagógico (método de ensino e *feedback*). Exemplos dos primeiros modelos incluem o SCHOLAR (1970), para o ensino de Geografia, e o SOPHIE (década de 1970), que era voltado para a resolução de problemas de eletrônica (KULIK; FLETCHER, 2016).

O segundo momento é entre os anos 1990 e 2010 e foi marcado pela inclusão de técnicas de *Machine Learning* (aprendizado de máquina). Diferente do sistema anterior, agora era permitido a aprendizagem dos sistemas mediante os dados sobre o desempenho dos alunos, não tendo obrigatoriedade de programação explícita de todas as regras.

---

<sup>3</sup> Skinner (1968) desenvolveu o conceito de ensino programado, um método instrucional baseado em behaviorismo que fragmenta conteúdo em pequenas unidades (denominadas *frame*), apresentando-as sequencialmente com *feedback* imediato sobre correção de respostas, permitindo ao estudante avançar em ritmo individual.

<sup>4</sup> A história da Inteligência Artificial caracteriza-se por ciclos de “verões” (entusiasmo, investimento massivo) e “invernos” (ceticismo, corte de financiamento), sendo o primeiro inverno na década de 1970 e o segundo entre 1987 – 1993, quando limitações de sistemas especialistas e hardware insuficiente frustraram expectativas excessivas (RUSSELL; NORVIG, 2020).

Com o passar do tempo, surgiram ITS mais modernas, como o Cognitive Tutor, para o ensino de álgebra, e o ALEKS, sistema adaptativo de matemática, com base em teoria de espaços de conhecimento. Simultaneamente, surgiu um novo campo, o *Learning Analytics* (Análise da aprendizagem), direcionado para a investigação de grandes volumes de dados educacionais para observar padrões de aprendizagem e prever o desempenho dos discentes (SIEMENS; BAKER, 2012).

O terceiro momento começou na década de 2010 e foi mais fortalecido na década de 2020, descrito pela emergência da IA Generativa, com base em redes neurais profundas e modelos LLMs. O grande marco foi o lançamento do ChatGPT, em novembro de 2022, que se disseminou rapidamente, atingindo 100 milhões de usuários e converteu-se em um fenômeno mundial.

Distintamente dos ITS tradicionais, voltados a domínios específicos e estruturados, os LLMs são modelos gerais. Eles são treinados em amplos corpos textuais, capazes de entender textos, responder perguntas, gerar textos, códigos e até resolver problemas matemáticos, com base em linguagem natural. Nesse modelo, temos alguns principais, como Claude, Gemini e o Copilot, que instantaneamente foram aderidos a ambientes escolares, sejam eles formais ou informais.

Diante desse retrospecto das fases da IA, pode-se observar que houve um deslocamento de sistemas especializados e controlados para ferramentas mais gerais, mais acessíveis, porém com um menor controle pedagógico sobre as respostas. Se os ITS precisavam de equipes multidisciplinares e anos para desenvolver um domínio restrito, os LLMs facilitaram o acesso à IA.

Todavia, essa mudança de ferramentas acarretou novos desafios: imprecisões factuais (alucinações), dificuldade em explicar raciocínios, reprodução de tendências em dados de treinamento e riscos do uso inadequado por estudantes e professores (BAIDOO- ANU; ANSAH, 2023).

Revisões sistemáticas recentes apresentam uma visão das pesquisas sobre IA empregada ao ensino e aprendizagem da Matemática. Awang, Yusop e Danee (2025), em uma análise de estudos publicados entre 2015 e 2024, perceberam que ITS compõem a modalidade mais investigada, em cerca de 60% das pesquisas analisadas. O centro dos estudos, alinha-se, hegemonicamente, no ensino da álgebra, aritmética e geometria euclidiana, nos níveis de ensino médio e superior.

Os resultados publicados são, em sua maioria, positivos quanto ao êxito dos ITS no desenvolvimento das habilidades procedimentais: resolução de equações,

manipulação algébrica, cálculo de áreas e volumes, entre outras. Entretanto, a revisão mostra uma lacuna: poucos trabalhos analisam se e como a IA ajuda no desenvolvimento de competências de ordem superior.

Competências como: interpretação de enunciados, formulação de problemas, modelagem matemática, argumentação lógica e uso contextualizado da matemática; são essenciais para o desenvolvimento do letramento matemático, mas estão sendo negligenciadas quando a IA é utilizada sem mediação pedagógica.

Essa lacuna é extremamente relevante, pois leva-se em conta a Educação Matemática Crítica (SKOVSMOSE, 2001) e da Etnomatemática (D'AMBRÓSIO, 2005). As duas abordagens pedagógicas supracitadas focam na formação de cidadãos capazes de utilizar a Matemática como ferramenta de compreensão e transformação do mundo ao seu redor.

Entretanto, se o uso da IA na educação não gerar os mecanismos necessários para promover essa transformação para o discente, qual a necessidade de sua integração na educação? Sem a existência de benefícios ou de potencialidades, a utilização dessas plataformas se torna nula.

Em outros estudos sobre IA generativa, principalmente focada no ChatGPT, apresentam resultados ambíguos. Wardat *et al.* (2024) produziram uma pesquisa com professores de Matemática do Ensino Médio, que fizeram uso do ChatGPT para produzir atividades. Os docentes enfatizaram como pontos positivos a habilidade da ferramenta de produzir problemas criativos, contextualizados e oferecer diversas representações de conceitos.

Não obstante, os mesmos docentes relataram preocupações com erros matemáticos apresentados pela IA, falta de clareza nas resoluções e o risco de dependência, pois os alunos não desenvolvem o raciocínio próprio, de imediato recorrem à ferramenta.

Kasneci *et al.* (2023) alertaram para a ocorrência da ilusão de compreensão, desse modo os discentes acabam se enganando, pensam que aprenderam o conteúdo, porém não entendem e acabam criando uma dependência. Esse perigo é bem maior, em se tratando de Matemática, pois são necessárias à compreensão conceitual e à capacidade de aplicação em diferentes situações e contextos dos conteúdos aprendidos, para assim efetivar o ensino e a aprendizagem.

Portanto, é importante destacar que a maioria das pesquisas sobre IA na Educação Matemática são centralizadas em países do Norte Global, especialmente

Estados Unidos, China e países europeus, ditos países desenvolvidos. Em países subdesenvolvidos, como o Brasil ou latino-americanos, os estudos são bastante escassos, nos quais existe uma limitação de compreensão sobre como particularidades culturais, sociais e educacionais locais acabam influenciando a efetividade e apropriação dessas tecnologias.

Apesar disso, o Brasil é bastante incoerente no uso de tecnologias de IA na educação. Segundo o Instituto Datafolha (2024), o país é o segundo maior usuário global de ChatGPT no cenário educacional, atrás apenas dos Estados Unidos. Aproximadamente 70% dos discentes brasileiros utilizam a ferramenta de IA para apoiar na execução das tarefas escolares, mostrando a adesão massiva e instantânea dessas tecnologias.

Sob outra perspectiva, tem-se que essa adesão às tecnologias ocorreu em um contexto de ausência de políticas públicas estruturadas, infraestrutura precária e formação docente insuficiente. De acordo com a pesquisa TIC Educação 2023, apenas 47% das escolas públicas do Brasil possuem conexão à internet de qualidade, que seja considerável para as atividades pedagógicas (CETIC, 2024).

Outro dado é que a desigualdade de acesso à internet é mais grave quando se trata das regiões, assim, enquanto 72% das escolas urbanas da região Sudeste possuem uma boa conectividade, no Norte e Nordeste rural tem-se apenas cerca de 20%. E adicionado a isso, muitos cursos de licenciatura no Brasil não possuem disciplinas específicas voltadas para o uso de tecnologias educacionais ou IA. Com isso, a formação inicial e continuada dos docentes acaba sendo deficitária, visto que não há uma preparação para o uso dessas tecnologias ou aprofundamento pedagógico ou crítico, tornando seu manuseio mais errôneo e ineficaz (VALENTE; ALMEIDA, 2020).

Nas políticas educacionais, a BNCC não possui uma menção explícita a respeito da IA, pois foi homologada em 2018, antes da adesão massiva das IA generativas. E apesar de adotar o uso dos multiletramentos, o letramento digital e o uso crítico das tecnologias nos processos de ensino e aprendizagem, não tem um espaço para debater esse tipo de tecnologia.

Em 2024, o Conselho Nacional de Educação (CNE) organizou uma comissão para discutir as diretrizes sobre a IA na Educação Básica, contudo, até o presente momento não há documentos oficiais publicados. É de suma importância que esses dados existam, pois em um campo emergente e tão aderido, simultaneamente, quanto

mais estudos longitudinais e diretrizes aplicadas, mais benefícios existem.

Diante desse cenário, pode-se concluir que a revisão da literatura no tocante a IA apresenta ganhos e oportunidades para seu uso na Educação Básica, devendo ser criticamente considerados, principalmente na disseminação ou treinamento de habilidades procedimentais e, ainda mais, no desenvolvimento de competências complexas como o letramento matemático.

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo apresenta-se a caracterização do estudo, a estratégia de busca, os critérios de seleção, os processos de seleção do estudo, extração e análise dos dados, que conduziram cada etapa da investigação.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo é de abordagem qualitativa, adotando o método de revisão sistemática de literatura. Para Minayo (2002), a abordagem qualitativa responde a questões particulares, trabalhando com o universo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, correspondendo a um espaço mais profundo das relações, que não pode ser reduzido à operacionalização de variáveis.

Em concordância com Bogdan e Biklen (1994), estudos qualitativos favorecem a compreensão aprofundada de fenômenos em seus cenários, valorizando processos, significados e interpretações. No caso particular desta pesquisa, procurou-se investigar as contribuições da Inteligência Artificial (IA) para o desenvolvimento do letramento matemático na Educação Básica. Assim, a literatura científica tem questionado a relação entre Inteligência Artificial e letramento matemático, averiguando características das ferramentas estudadas, fundamentos pedagógicos adotados, resultados reportados, potencialidades observadas e limitações apontadas.

A revisão sistemática, de acordo com Galvão e Ricarte (2019), estabelece uma modalidade de pesquisa que busca identificar, selecionar, avaliar e sintetizar evidências científicas sobre uma questão específica, seguindo protocolo explícito e replicável. Distingue-se de revisões narrativas por seu caráter sistemático, transparente e menos sujeito a vieses de seleção, constituindo-se como método científico exigente para síntese de conhecimento.

A pesquisa situa-se no campo da Educação Matemática, em comunicação com áreas como Tecnologia Educacional, Educação Crítica e Políticas Educacionais, particularizando-se pela interdisciplinaridade indispensável ao entendimento de fenômenos educacionais contemporâneos, mediados por tecnologias digitais.

Conforme mencionado, a revisão sistemática de literatura estabelece o

procedimento metodológico desta pesquisa. Para sua execução, adotou-se o protocolo PRISMA, elaborado originalmente para revisões na área da saúde, mas largamente utilizado em Ciências Humanas e Sociais, por proporcionar diretrizes claras para condução e relato fidedigno de revisões sistemáticas (PAGE *et al.*, 2021).

O protocolo PRISMA estrutura-se em quatro etapas principais, a saber: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão; cada uma com procedimentos específicos documentados em fluxograma padronizado.

A revisão sistemática orientou-se pela seguinte questão norteadora: De que forma as ferramentas baseadas em Inteligência Artificial podem contribuir para o desenvolvimento do letramento matemático dos estudantes da Educação Básica? Diante dessa questão, foram estabelecidos os objetivos:

- Levantar e selecionar produções científicas que abordem a relação entre letramento matemático e IA na Educação Básica;
- Mapear os recursos/plataformas de IA e aplicativos de resolução de problemas no ensino de Matemática identificados na literatura;
- Identificar as contribuições, limitações e desafios pedagógicos do uso de IA para o letramento matemático;
- Analisar as plataformas digitais de IA na promoção do letramento matemático;
- Formular um prompt referente a IA que possibilite a mobilização de conteúdos matemáticos com foco no Letramento Matemático.

## 3.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA

Nesta seção apresenta-se a busca de dados, na qual discute-se as bases escolhidas, o período da busca e os idiomas e as *strings* de busca, quais bases foram utilizadas, em quais bases foram aplicadas e os idiomas de pesquisa.

### 3.2.1 Busca de dados

A escolha de base de dados buscou harmonizar abrangências, relevância disciplinar e acessibilidade, contemplando produções nacionais e internacionais. Para isso, foram escolhidas as seguintes bases: Google Scholar, SciELO, BDTD e ERIC. O período de busca escolhido foi 2020 a 2025, os últimos 5 anos, devido à importância das pesquisas mais recentes, sem deixar de contemplar os clássicos e o

fato de que a Inteligência Artificial generativa ser popularizada em 2022.

Sendo assim, o recorte contempla os estudos sobre tecnologias consolidadas e sobre inovações recentes. Os idiomas escolhidos foram português, inglês e espanhol. A escolha deu-se para abranger os estudos brasileiros, latino-americanos e de dimensão internacional, para analisar e fazer paralelos culturais e educacionais.

Vale ressaltar que, inicialmente, a base Instituto Brasileiro de Informação de Ciência e Tecnologia (IBICT) estava inclusa para as buscas. Porém, a plataforma passou por um período de indisponibilidade e quando foi restabelecida, ao executar as *strings* de busca, foi observado que não geraram nenhum resultado relevante para a pesquisa. Por essa razão, a base foi retirada do estudo.

### 3.2.2 *Strings* de Busca

As estratégias e *strings* de busca foram compostas de três eixos conceituais principais: Inteligência Artificial, Educação Matemática e Educação Básica/Letramento. Manipularam-se operadores booleanos (AND, OR) e alternâncias terminológicas para ampliar cobertura, sem comprometer a especificidade do trabalho e dos estudos escolhidos.

**Quadro 1 – *Strings* de Busca**

<i>String 1: Busca Ampla (Google Scholar, SciELO e BDTD)</i>		
<b>DESCRITORES E OPERADORES</b>		
<b>Português</b>	<b>Inglês</b>	<b>Espanhol</b>
("inteligência artificial" <sup>54</sup> ) AND ("educação matemática" OR "ensino de matemática") AND ("educação básica OR ensino fundamental" OR "ensino médio").	("artificial intelligence") AND ("mathematics education") AND ("basic education OR K – 12").	("inteligencia artificial") AND ("educación matemática" OR "ensino de matemática") AND ("ensino fundamental" OR "ensino médio" OR "educación básica").
<i>String 2: Busca Específica (Google Scholar – adaptada e ERIC)</i>		
<b>DESCRITORES E OPERADORES</b>		
<b>Inglês</b>		
("artificial intelligence" OR "intelligent tutoring systems" OR "ITS" OR "adaptive learning" OR "generative AI" OR "ChatGPT" OR "large language model" OR "LLM") AND ("mathematical literacy" OR "numeracy" OR "mathematical thinking" OR "problem solving" OR "mathematics learning" OR "mathematics achievement") AND ("primary education" OR "secondary education" OR "K-12" OR "basic education" OR "middle school" OR "high school")		
<i>String 3: Ferramentas e Plataformas (todas as bases)</i>		
<b>DESCRITORES E OPERADORES</b>		
<b>Português</b>	<b>Inglês</b>	<b>Espanhol</b>

<sup>5</sup> Neste trabalho, o uso de aspas além de seu utilizado para citações diretas, também é utilizado para representar as *strings* de busca, pois em algumas plataformas é necessário o uso das mesmas.

("matemática") AND ("educação" OR "aprendizagem" OR "ensino")	("intelligent tutoring" OR "tutoring system" OR "chatbot" OR "adaptive platform" OR "Khan Academy" OR "ChatGPT" OR "educational technology" OR "EdTech") A ND ("mathematics" OR "math" OR "teaching")	("matemáticas") ND ("educación" OR "ensino") A
String 4: Contexto Brasileiro (SciELO e BDTD)		
<b>DESCRITORES E OPERADORES</b>		
<b>Português</b>		
("inteligência artificial" OR "IA" OR "tecnologias digitais" OR "tecnologia educacional") AND ("matemática" OR "educação matemática" OR "letramento matemático" OR "ensino de matemática") AND ("ensino fundamental" OR "ensino médio" OR "educação básica" OR "escola")		

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

Ressalta-se que as strings foram testadas largamente em cada base, com ajustes pontuais conforme a sintaxe específica. O Google Scholar não faz diferença entre letras maiúsculas e minúsculas. Os filtros adicionais foram aplicados quando disponíveis: período (2020 - 2025), idioma (PT/EN/ES) e o tipo de documento encontrado.

### 3.3 CRITÉRIOS DE SELEÇÃO

Nesta seção, apresentam-se os critérios de seleção para a inclusão e exclusão dos trabalhos para a fase de extração de dados e leitura completa dos trabalhos, que foram incluídos no *corpus* final desta revisão.

#### Quadro 2 – Critérios de Inclusão e Exclusão

CRITÉRIOS	
INCLUSÃO	EXCLUSÃO
(1) Artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares	(a) Publicações sem revisão por pares
(2) Dissertações de mestrado e teses de doutorado defendidas em programas de pós graduação reconhecidos	(b) Resumos simples ou expandidos de congressos sem texto completo disponível, estudos focados exclusivamente no Ensino Superior, Educação Infantil, Educação de Jovens e Adultos (EJA) ou cenários de ensino técnico/profissionalizante
(3) Relatórios técnicos de organismos internacionais de reconhecida credibilidade	(c) Publicações que mencionam IA ou tecnologias digitais apenas de forma periférica, ilustrativa ou anedótica, sem análise ou discussão aprofundada
(4) Capítulos de livros publicados em editoras acadêmicas	(d) Duplicatas

(5) Estudos empíricos, revisões de literatura, meta-análises, ensaios teóricos ou relatos de experiência	(e) Textos em idiomas diferentes escolhidos
(6) Publicações que tratam, de forma central ou significativa, o uso de Inteligência Artificial no ensino ou aprendizagem de Matemática	(f) Publicações fora do período de busca ou textos integrais indisponíveis após tentativas de acesso por vias legais

Fonte: elaborado pela autora (2026)

Vale ressaltar que, a partir dos parâmetros utilizados para as buscas nas bases selecionadas, foram aplicados os critérios de inclusão e exclusão e, assim, iniciou-se o processo de busca minuciosa para a seleção do rol bibliográfico. Após essa etapa, foram lidos títulos, resumos, introduções, metodologias, resultados e discussões e considerações finais, para, então, chegar à quantidade de 44 trabalhos que compõem o *corpus* final desta revisão.

### 3.4 PROCESSO DE SELEÇÃO DOS ESTUDOS

O processo de seleção dos estudos seguiu rigorosamente as orientações do protocolo PRISMA 2020 (Page *et al.*, 2021), estruturado em quatro etapas: identificação, triagem, elegibilidade e inclusão no *corpus* final do trabalho. Na primeira fase, identificação, as buscas foram feitas nas quatro bases escolhidas (Google Scholar, SciELO, BDTD e ERIC), que resultaram em 239 registros identificados.

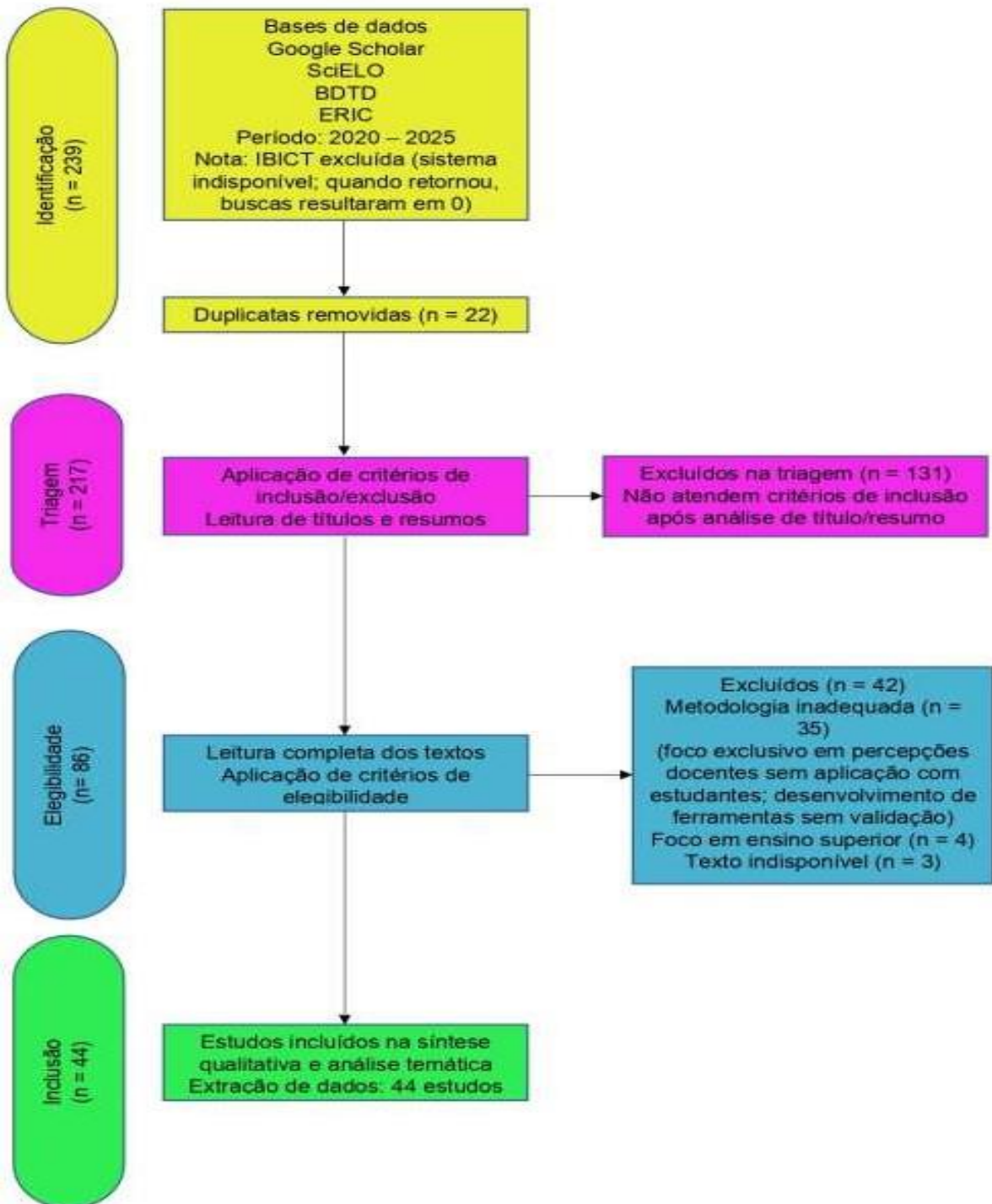
Na segunda fase, a triagem, foram removidas 22 duplicatas, resultando em 217 registros únicos. Esses registros foram submetidos à leitura dos títulos e resumos, passando pela aplicação dos critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos, já citados no texto. Ao final dessa etapa, 131 registros foram excluídos por não atenderem aos critérios, restando assim 86 estudos para a fase de leitura na íntegra, com foco em resumo, introdução, metodologia, resultados e discussões e considerações finais.

Na terceira fase, a elegibilidade, os 86 textos foram lidos integralmente e avaliados pelos critérios de elegibilidade. Nessa etapa, observou-se que 42 estudos foram excluídos pelas seguintes razões: metodologia inadequada (exatamente 35 estudos, os quais a maioria deles tinha foco exclusivo em percepções ou opiniões de professores, sem aplicação prática com estudantes ou desenvolvimento de ferramentas sem validação empírica); foco exclusivo no ensino superior (4 estudos);

e texto completo indisponível (3 estudos).

Por fim, na quarta fase, a inclusão, 44 estudos compuseram o *corpus* final da revisão sistemática, sendo submetidos à extração de dados e análise qualitativa. A **Figura 11** apresenta o fluxograma detalhado do processo de seleção.

**Figura 11** - Fluxograma do Processo de Seleção dos Estudos segundo o Protocolo



PRISMA 2020.

Fonte: Elaborado pela Autora (2026).

Conforme ilustrado na Figura 11, dos 239 arquivos que foram identificados, apenas 44 foram escolhidos para fazer parte do *corpus* final deste trabalho. Isso reflete a rigorosidade do processo percorrido nas quatro etapas do protocolo PRISMA 2020, que contempla somente os trabalhos que atendem completamente aos critérios de inclusão e exclusão, determinados anteriormente.

### 3.5 EXTRAÇÃO DE DADOS

Para a extração sistemática dos dados foi elaborado um instrumento desenvolvido em planilha eletrônica (Google Sheets) com os seguintes campos: identificação do estudo (ID, citação ABNT, título, autores, ano, país, tipo de publicação, periódico/instituição, DOI ou link); caracterização metodológica (objetivos da pesquisa, tipo de estudo, metodologia resumida, participantes, contexto educacional e nível de ensino); ferramentas de Inteligência Artificial utilizadas e categorização por tipo; presença e definição do conceito de letramento matemático (com registro integral das definições, quando encontradas); competências matemáticas investigadas; referências teóricas empregadas pelos autores (com foco na observação de perspectivas críticas/emancipatórias, como Freire, Skovsmose e D'Ambrósio, autores referência da presente revisão); alinhamento com documentos norteadores da educação como BNCC, PISA/OCDE; principais resultados encontrados nos trabalhos; potencialidades, limitações ou desafios apontados pelos autores e resumo.

A extração foi realizada de forma sistemática entre os dias 4 e 11 de fevereiro de 2026, com leitura completa e cautelosa de cada um dos 44 estudos incluídos no *corpus* final deste trabalho. Os dados extraídos foram registrados na íntegra, de acordo como eram apresentados nos textos originais, a fim de evitar inferências ou interpretações equivocadas durante o processo de extração. Quando alguma informação não estava especificada ou ausente, foi registrado como “não informado”. Ao final da extração, os dados foram organizados e caracterizados para análise quantitativa e qualitativa, nos capítulos futuros.

### 3.6 ANÁLISE DOS DADOS

Os dados obtidos após a extração foram sujeitos à análise temática e categorial (Bardin, 2016), organizados em cinco categorias analíticas definidas baseadas nos objetivos da pesquisa:

- (1) Caracterização geral dos estudos;
- (2) Letramento matemático;
- (3) Ferramentas de Inteligência Artificial;
- (4) Perspectiva crítica;
- (5) Potencialidades e desafios.

Para cada categoria, foram calculadas frequências de ocorrências das variáveis identificadas, permitindo a análise quantitativa do *corpus*. Os dados foram apresentados em gráficos e tabelas para favorecer a visualização, interpretação e discussão dos resultados.

A pesquisa considerou a identificação de padrões, convergências e divergências entre os estudos, bem como a relação entre os achados e o referencial teórico adotado nesta pesquisa. Foi dado um foco especial na presença do conceito de letramento matemático e seu vínculo com o uso de ferramentas de Inteligência Artificial na Educação Básica, que é a discussão central deste trabalho.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo trata dos resultados da análise dos 44 estudos, que compõem o *corpus* final da revisão sistemática referente ao letramento matemático e Inteligência Artificial na Educação Básica.

Os resultados estão divididos em cinco categorias temáticas: caracterização geral (distribuição temporal, distribuição geográfica, tipos de estudo, tipos de publicação e níveis educacionais); letramento matemático (presença do conceito, definições utilizadas, competências investigadas e alinhamento com BNCC e PISA); ferramentas de IA (categorias de ferramentas, ferramentas mais citadas e tendências tecnológicas); perspectiva crítica (presença de referenciais críticos como Freire, Skovsmose e D'Ambrósio); potencialidades e desafios (síntese dos benefícios e síntese das limitações).

A apresentação dos resultados obtidos é acompanhada de discussão conforme o referencial teórico estabelecido anteriormente. As percepções apresentadas pela pesquisadora, fazem conexões entre os achados da revisão e as perspectivas na literatura sobre Inteligência Artificial, letramento matemático e uso de tecnologia na Educação Básica.

Dessa maneira, tem-se um panorama de como estão as pesquisas a respeito do letramento matemático e IA, além de situar e identificar as lacunas existentes para estudos futuros, de forma a contribuir com a Educação Matemática.

### 4.1 CORPUS DA REVISÃO SISTEMÁTICA

Nesta seção, apresentam-se os 44 estudos incluídos no *corpus* final da presente revisão sistemática. O Quadro 3 resume as principais características de cada estudo: identificação, título, autores, ano, país, DOI/link e resumo. Essa estruturação permite identificar o conjunto de trabalhos analisados, facilita o acesso mais rápido aos estudos originais, bem como possibilita compreender o panorama atual das pesquisas a respeito do letramento matemático e Inteligência Artificial (IA), identificando lacunas e perspectivas para investigações futuras.

**Quadros 3 - Corpus Final da Revisão Sistemática: Estudos Incluídos (n=44)**

ID	Título	Autores	Ano	País	DOI/Link	Resumo
01	Artificial intelligence in mathematics education: A systematic literature review	Mohamed Zulhilmi bin Mohamed, et al.	2022	Malásia	<a href="https://doi.org/10.29333/iejme/12132">https://doi.org/10.29333/iejme/12132</a>	Esta revisão sistemática (2017–2021) analisou 21 artigos sobre a IA na educação matemática, destacando o uso de sistemas tutores e robótica no ensino fundamental e médio. Os resultados indicam que o feedback imediato e a personalização melhoram a atitude e o desempenho dos estudantes, fortalecendo o apoio ao aprendizado.
02	Chatbots na Educação Matemática: um mapeamento sistemático de 2018 a 2023	Ana Isabel de A. S. Dias, et al.	2023	Brasil	<a href="https://sol.sbc.org.br/index.php/weadeh/article/view/26423">https://sol.sbc.org.br/index.php/weadeh/article/view/26423</a>	O artigo apresenta um mapeamento sistemático da literatura (2018–2023) sobre o uso de chatbots na Educação Matemática. Analisa contextos, características e impactos dessas ferramentas, identificando categorias temáticas relacionadas à comunicação, feedback, percepções de usuários e resolução de problemas, além de lacunas quanto à análise de impactos e acessibilidade.
03	ChatGPT como recurso de apoio no ensino da Matemática.	Renan Pereira Santos, et al.	2023	Brasil	<a href="https://doi.org/10.33532/revemop.e202303">https://doi.org/10.33532/revemop.e202303</a>	Estudo investigou o uso do ChatGPT no Ensino Médio para resolução de problemas e planos de aula. Os resultados indicam que, embora a ferramenta seja inovadora e ágil, apresenta falhas em cálculos complexos e lógica rigorosa. Conclui-se que a mediação crítica do professor é essencial para garantir o rigor

						matemático.
04	O ChatGPT e Educação Matemática	Marcelo de Carvalho Borba, et al.	2023	Brasil	<a href="https://doi.org/10.23925/1983-3156.2023v25i3p142-156">https://doi.org/10.23925/1983-3156.2023v25i3p142-156</a>	O artigo discute criticamente as possibilidades e os desafios do ChatGPT na Educação Matemática, articulando testes exploratórios, notícias recentes e reflexões teóricas sobre tecnologias digitais. Os autores defendem a necessidade de mediação docente, atenção ética e produção de problemas para coletivos de seres-humanos-com-mídias.
05	Explorando a inteligência artificial na educação matemática: o uso do ChatGPT como recurso de aprendizagem em sala de aula	Felipe Butzke da Rocha	2023	Brasil	<a href="https://lume.ufrgs.br/handle/10183/270528">https://lume.ufrgs.br/handle/10183/270528</a>	O estudo investiga a integração da Investigação Matemática com o uso do ChatGPT no ensino de Matemática. Realizada com estudantes do 9º ano, a pesquisa qualitativa analisa como a interação com a inteligência artificial influencia a aprendizagem, o diálogo entre alunos e a construção do conhecimento matemático.
06	O uso da inteligência artificial no ensino da Matemática	Rodrigo Marcelo Oliveira, et al.	2023	Brasil	<a href="https://doi.org/10.26514/int er.v14i41.6883">https://doi.org/10.26514/int er.v14i41.6883</a>	Este artigo analisa a IA como ferramenta para personalizar o ensino de Matemática e identificar dificuldades individuais via ChatGPT e Bing. A pesquisa destaca o potencial da tecnologia em democratizar o acesso e criar ambientes adaptativos, ressaltando, simultaneamente, os desafios éticos e a urgência da formação docente contínua.

07	Uso da inteligência artificial na educação matemática	Francisléia dos Santos Borges	2023	Brasil	<a href="https://doi.org/10.5281/zenodo.8274279">https://doi.org/10.5281/zenodo.8274279</a>	Este estudo avaliou a integração anual da IA no currículo de Matemática do 3º ano do Ensino Médio. Os resultados indicam que a personalização e o feedback imediato elevaram o desempenho e o interesse dos alunos. Conclui-se que a eficácia depende crucialmente de infraestrutura adequada e formação docente contínua.
08	Impactos e adaptações da inteligência artificial no ensino da Matemática no ensino fundamental	Francisco Rodrigues Chaves	2024	Brasil	<a href="http://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/1425">http://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/1425</a>	O estudo analisa impactos e desafios da Inteligência Artificial no ensino da Matemática na Educação Básica, por meio de revisão de literatura. Destaca potencial para personalização da aprendizagem e apoio docente, bem como desafios éticos, de formação de professores e proteção de dados.
09	TEA HelpBot – Avaliação de um Assistente Pedagógico Conversacional no Ensino de Matemática para Estudantes Autistas das Séries Finais do Ensino Fundamental	Delma A. S. Barboza, et al.	2024	Brasil	<a href="https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/144984">https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/144984</a>	O estudo apresenta o desenvolvimento, implementação e avaliação do TEA HelpBot, um assistente pedagógico conversacional integrado ao Moodle para apoiar estudantes autistas no ensino de Matemática. Os resultados indicam aumento do engajamento, redução de questões não respondidas e melhora no desempenho acadêmico, evidenciando potencial inclusivo da ferramenta.
10	Intelligent Tutoring Systems in Mathematics Education: A Systematic Literature Review Using the Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition Model	Taekwon Son	2024	República da Coreia	<a href="https://doi.org/10.3390/computers13100270">https://doi.org/10.3390/computers13100270</a>	O estudo realiza uma revisão sistemática de pesquisas empíricas (2003–2023) sobre Sistemas Tutores Inteligentes (ITS) em Educação Matemática, analisando seu nível de integração pedagógica pelo modelo SAMR. Os resultados indicam predomínio de uso em níveis de ampliação, com evidências recentes de

						práticas transformadoras.
11	Current practices and future direction of artificial intelligence in mathematics education: a systematic review	Liz A. Awang, et al.	2024	China	<a href="https://doi.org/10.29333/iejme/16006">https://doi.org/10.29333/iejme/16006</a>	O artigo analisa práticas atuais e direções futuras do uso da Inteligência Artificial na Educação Matemática, a partir de uma revisão sistemática da literatura. Os resultados mostram crescimento no uso de sistemas inteligentes para personalização da aprendizagem, destacando desafios pedagógicos, éticos e a necessidade de pesquisas empíricas mais aprofundadas.
12	Artificial Intelligence in Mathematics Education: A Systematic Review	Darlis Panqueban, et al.	2024	Chile	<a href="https://dx.doi.org/10.15359/ru.38-1.20">https://dx.doi.org/10.15359/ru.38-1.20</a>	Revisão sistemática (2018–2023) analisou 29 artigos sobre IA na educação matemática, revelando crescimento exponencial de pesquisas quantitativas no Ensino Médio e Superior. A IA potencializa o desempenho e a motivação estudantil, mas o estudo alerta para a carência de pesquisas focadas na perspectiva e no papel do professor.
13	El impacto de la inteligencia artificial en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria: una revisión crítica	Luis Eduardo Estrada Tangarife	2024	Colômbia	<a href="https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86594">https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86594</a>	Esta dissertação de mestrado realiza uma revisão crítica sobre a IA no ensino de Matemática secundário. O estudo demonstra que ferramentas tecnológicas personalizam a aprendizagem sem substituir o professor. Conclui-se que a integração da IA exige formação ética e pedagógica para evitar a desumanização do ensino e garantir

						equidade educacional.
14	A bibliometric analysis on artificial intelligence in mathematics education	Prawidi Wisnu Subroto, et al.	2024	Indonésia	<a href="https://doi.org/10.23917/jra.mathedu.v9i1.2429">https://doi.org/10.23917/jra.mathedu.v9i1.2429</a>	Este estudo bibliométrico analisou 567 documentos da Scopus (2011–2023) sobre IA na educação matemática via VOSviewer. Observou-se um crescimento exponencial de publicações desde 2019, com liderança produtiva da China. As tendências principais concentram-se em <i>machine learning</i> , <i>deep learning</i> e desempenho discente, sinalizando a evolução tecnológica no campo educacional.
15	Inteligência Artificial na Educação Matemática: O que vem sendo pesquisado	José Emanuel Felipe Barros, et al.	2024	Brasil	<a href="http://revista.geem.mat.br/index.php/PHP/article/view/1092">http://revista.geem.mat.br/index.php/PHP/article/view/1092</a>	Pesquisa bibliográfica que analisa o uso de Inteligências Artificiais Generativas (IAG), especificamente o ChatGPT, na Educação Matemática. Investigou teses e dissertações no Catálogo da CAPES, evidenciando o potencial da IA para personalizar o aprendizado e oferecer suporte didático, embora o uso na educação básica brasileira ainda seja considerado incipiente.
16	Integración de las nuevas tecnologías basadas en Inteligencia Artificial para la enseñanza de las matemáticas	Juan Carlos Santillán Lima, et al.	2024	Equador	<a href="https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4761/4747">https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4761/4747</a>	O artigo analisa a integração da inteligência artificial no ensino de Matemática por meio de uma revisão bibliográfica. Destaca potencialidades como aprendizagem adaptativa e personalização, bem como desafios relacionados a custos, infraestrutura, formação docente e resistência à adoção tecnológica.

17	A Inteligência Artificial como recurso para o ensino de Matemática: comparativo entre ChatGPT e Gemini.	Thaiana Martins Marques, et al	2024	Brasil	<a href="https://www.sbemrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/387">https://www.sbemrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/387</a>	Este estudo comparou o ChatGPT e o Gemini no ensino de funções matemáticas, focando na exploração gráfica. Os resultados revelaram limitações severas de ambas as IAs na construção e interpretação de imagens, com erros técnicos frequentes. Conclui-se que a mediação crítica do professor é indispensável para corrigir imprecisões tecnológicas.
18	An artificial intelligence application in mathematics education: Evaluating ChatGPT's academic achievement in a mathematics exam	Nezihe Korkmaz Guler, et al.	2024	Turquia	<a href="https://doi.org/10.29333/pr/14145">https://doi.org/10.29333/pr/14145</a>	O estudo investiga o desempenho acadêmico do ChatGPT em um exame nacional de Matemática, comparando as versões 3.5 e 4. Por meio de um estudo de caso, analisa-se a precisão das respostas, indicando desempenho superior do ChatGPT-4 na compreensão e resolução das questões.
19	ChatGPT como um recurso no processo de ensino e aprendizagem da Matemática	Romis de Sousa Moraes.	2024	Brasil	<a href="https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/7289/1/Romis%20de%20Sousa%20Moraes%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf">https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/7289/1/Romis%20de%20Sousa%20Moraes%20-%20Disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf</a>	Esta dissertação investigou o uso do ChatGPT no ensino de sequências e progressões no Ensino Médio. Através de experimentações com questões do ENEM, o estudo demonstrou que a IA auxilia na personalização, mas apresenta "alucinações" e falhas lógicas. Conclui-se que a mediação docente é indispensável para garantir o rigor matemático.
20	O uso da Inteligência Artificial, Modelagem Matemática e Resolução de Problemas como potencializadores no processo de ensino e aprendizagem de Matemática no Sétimo Ano do Ensino Fundamental	Julius Kahoru Yassaki Filho, et al.	2024	Brasil	<a href="https://doi.org/10.56238/are.v6n4-427">https://doi.org/10.56238/are.v6n4-427</a>	Este estudo aplicou uma sequência didática ao 7º ano em Canoas (RS), integrando ChatGPT, Modelagem Matemática e Resolução de Problemas. A IA auxiliou na interpretação e criação de modelos sobre Matemática Financeira e álgebra. Contudo, falhas lógicas da ferramenta reafirmaram a importância da

						intervenção docente para validar os resultados.
21	Engaging Students in Making Artificial Intelligence Tools for Mathematics Education: An Iterative Design Approach	Emmanuel Nti-Asante	2024	Estados Unidos	<a href="https://journalofmathed.scholasticahq.com/article/128024-engaging-students-in-making-artificial-intelligence-tools-for-mathematics-education-an-iterative-design-approach">https://journalofmathed.scholasticahq.com/article/128024-engaging-students-in-making-artificial-intelligence-tools-for-mathematics-education-an-iterative-design-approach</a>	O estudo apresenta um ciclo de design iterativo em três etapas para envolver vinte estudantes do ensino médio na criação de ferramentas de IA, baseadas em regras para geometria. A pesquisa destaca como o protagonismo estudantil na simulação de processos de raciocínio matemático potencializa a compreensão de conceitos tecnológicos e geométricos.
22	O ensino e aprendizado matemático com Inteligência Artificial: uma análise de algumas ferramentas e tecnologias disponíveis	Francisco Wallisson Moreira de Souza, et al.	2024	Brasil	<a href="https://doi.org/10.51891/rea.se.v10i7.14913">https://doi.org/10.51891/rea.se.v10i7.14913</a>	Este artigo analisa o uso da IA na Educação Básica Matemática via ChatGPT, Photomath e Khan Academy, sob as diretrizes da BNCC. As ferramentas promovem personalização e engajamento, mas os resultados reforçam que a mediação docente crítica é indispensável para evitar a dependência mecânica dos estudantes.
23	Explorando o potencial educacional do Microsoft Copilot no ensino de Matemática	Thiago Santos, et al.	2024	Brasil	<a href="https://www.researchgate.net/publication/386136913_EXPLORANDO_O_POTENCIAL_EDUCACIONAL_DO_MICROSOFT_COPILOT_NO_ENSINO_MATEM">https://www.researchgate.net/publication/386136913_EXPLORANDO_O_POTENCIAL_EDUCACIONAL_DO_MICROSOFT_COPILOT_NO_ENSINO_MATEM</a>	Este estudo analisou o Microsoft Copilot como apoio pedagógico no ensino de Matemática, testando sua precisão em problemas de cálculo e lógica. Embora potente para personalização e visualização, a ferramenta apresentou falhas em questões complexas. Conclui-se que a curadoria rigorosa do professor é indispensável para validar as explicações.

					ATICA	
24	Elaboração de itens de Matemática com auxílio de Inteligência Artificial Generativa	Andrey Camurça da Silva, et al.	2024	Brasil	<a href="https://ojs.novapaideia.org/index.php/RIEP/article/view/399">https://ojs.novapaideia.org/index.php/RIEP/article/view/399</a>	Este estudo investigou o uso do ChatGPT na criação e revisão de itens de avaliação matemática. Comparando questões geradas por IA com as de especialistas, os resultados indicaram que, apesar de falhas na precisão de gabaritos, alguns itens automatizados apresentaram poder discriminativo semelhante aos produzidos por humanos.
25	Resolução de Problemas Envolvendo Escalas Lineares, Superficiais e Volumétricas: Inteligência Artificial e Pensamento Computacional	Greiton Toledo de Azevedo	2024	Brasil	<a href="https://doi.org/10.17921/2176-5634.2024v17n2p138-149">https://doi.org/10.17921/2176-5634.2024v17n2p138-149</a>	Este estudo analisou a resolução de problemas sobre escalas no Ensino Médio do IF Goiano utilizando o ChatGPT. Sob a ótica do Pensamento Computacional, a IA potencializou a análise crítica e a depuração de erros. Os alunos desenvolveram compreensão profunda ao confrontar e validar as respostas geradas pela máquina.
26	Enhancing mathematics education for students with special educational needs through generative AI: A case study in Greece	Ioannis Rizos, et al.	2024	Grécia	<a href="https://doi.org/10.30935/ce_dtech/15487">https://doi.org/10.30935/ce_dtech/15487</a>	Este estudo investigou o uso do ChatGPT na Grécia para criar materiais didáticos personalizados para alunos com necessidades especiais. Através de planos adaptados a interesses específicos, a IA reduziu o tempo de preparação docente e aumentou o engajamento estudantil em temas como o Teorema de Pitágoras e números irracionais.

27	Inteligência Artificial e Raciocínio Matemático: Potenciais Articulações e Perspectivas na Educação Matemática	Neumar Regiane Machado Albertoni, et al.	2024	Brasil	<a href="https://doi.org/10.23864/cp.p.v9i25.1069">https://doi.org/10.23864/cp.p.v9i25.1069</a>	Este artigo apresenta uma revisão de literatura (2013–2022) sobre a intersecção entre Raciocínio Matemático e Inteligência Artificial. Utilizando o Methodi Ordinatio, o estudo revela que a discussão ainda é incipiente e identifica uma lacuna significativa: nenhum trabalho analisado aplicou diretamente ambas as temáticas de forma conjunta e integrada.
28	Aprendizaje personalizado en educación matemática mediante IA: De la teoría a la práctica	Sting Brayan Luna Fox, et al.	2024	Equador	<a href="https://sagespherejournal.com/index.php/JMNJE/article/view/55">https://sagespherejournal.com/index.php/JMNJE/article/view/55</a>	Este artigo explora a transição da teoria à prática na personalização da aprendizagem matemática via IA. A tecnologia adapta conteúdos e ritmos às necessidades individuais, promovendo inclusão e eficácia. Contudo, a implementação enfrenta desafios éticos e de privacidade, exigindo formação docente contínua para maximizar o potencial transformador no ensino.
29	Inteligência Artificial e Letramento Matemático: inovação pedagógica ou risco de dependência tecnológica?	Ednilson Sergio Ramalho de Souza	2025	Brasil	<a href="https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/7636">https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/7636</a>	O artigo analisa a integração da Inteligência Artificial ao letramento matemático, discutindo potencialidades pedagógicas e desafios éticos e estruturais. De natureza teórica, destaca a personalização da aprendizagem e a inclusão educacional, enfatizando a mediação docente como elemento central para evitar dependência tecnológica.

30	Inteligencia artificial razonamiento lógico matemático educación básica	Susana Margoth Cárdenas López, et al.	2025	Equador	<a href="https://doi.org/10.70577/ASCE/121.144/2025">https://doi.org/10.70577/ASCE/121.144/2025</a>	O artigo analisa o impacto da Inteligência Artificial no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático na educação básica, por meio de revisão de literatura. Discute potencialidades pedagógicas, como personalização da aprendizagem, e desafios relacionados à formação docente e ao uso adequado da tecnologia no contexto escolar.
31	Uma revisão da literatura (2019-2025): ensino de Matemática e a inteligência artificial (IA) segundo o portal periódico CAPES.	Jessica de Sousa Coelho Pinto, et al.	2025	Brasil	<a href="https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2025/TRABALHO_COMPL ETO_EV214_ID11541_TB4283_27102025194915.pdf">https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2025/TRABALHO_COMPL ETO_EV214_ID11541_TB4283_27102025194915.pdf</a>	Revisão sistemática (2019-2025) que analisou oito artigos da CAPES sobre IA no ensino de Matemática no Brasil. Os resultados indicam que a tecnologia personaliza a aprendizagem e diversifica metodologias. Contudo, exige formação docente específica e mediação crítica para mitigar riscos éticos e reduzir desigualdades educacionais no cenário nacional.
32	Artificial intelligence (AI) in mathematics education: Bibliometric analysis for the period 2020–2025	Da Tien Nguyen	2025	Vietnã	<a href="https://doi.org/10.29333/iejme/17182">https://doi.org/10.29333/iejme/17182</a>	Análise bibliométrica (2020-2025) investigou pesquisas sobre IA na Educação Matemática via Scopus e Web of Science. O estudo revelou tendências crescentes em sistemas inteligentes e aprendizagem adaptativa, mapeando redes de colaboração globais. Destacam-se temas emergentes e a urgência de debater desafios éticos na integração tecnológica educacional.

33	The evolving landscape of AI integration in mathematics education: A systematic review of trends (2015-2025)	Da Tien Nguyen, et al.	2025	Vietnã	<a href="https://doi.org/10.29333/ej_mste/17078">https://doi.org/10.29333/ej_mste/17078</a> .	Revisão sistemática (2015–2025) analisou 58 artigos sobre IA na educação matemática, revelando a liderança da Ásia, especialmente da China. O estudo destaca sistemas tutores e aprendizagem adaptativa como tendências. Conclui que a IA personaliza o ensino e eleva o desempenho, apesar dos desafios éticos e estruturais persistentes.
34	O que revelam pesquisas recentes sobre as potencialidades e aplicabilidades da Inteligência Artificial para o ensino e aprendizagem da Matemática na Educação Básica?	Saulo Macedo de Oliveira, et al.	2025	Brasil	<a href="https://multifaces.ifnm.g.edu.br/">https://multifaces.ifnm.g.edu.br/</a>	Revisão bibliográfica sistemática analisou o impacto da IA na Educação Básica Matemática via Google Acadêmico e CAPES. O estudo identificou que chatbots e tutores inteligentes promovem personalização e engajamento. Conclui-se que a eficácia tecnológica depende crucialmente da formação docente e da superação de barreiras infraestruturais e éticas.
35	Artificial Intelligence Interventions in Mathematics Education: A Systematic Literature Review	Kenneth Holman, et al.	2025	Estados Unidos	<a href="https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1481890.pdf">https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1481890.pdf</a>	Revisão sistemática de 14 estudos empíricos pós-2020 analisou intervenções de IA na educação matemática. Os resultados indicam que Sistemas Tutores Inteligentes e 14 plataformas adaptativas, como ALEKS e Photomath, elevam o desempenho discente em programas de longa duração. O estudo ressalta a importância da mediação pedagógica para maximizar a eficácia tecnológica.

36	Aplicações de Inteligência Artificial na Educação Matemática Inclusiva: lacunas e perspectivas à luz do Desenho Universal para Aprendizagem	Daiana Aparecida Stresser, et al.	2025	Brasil	<a href="https://sbemparana.com/evontos/index.php/epemi/artic le/view/104">https://sbemparana.com/evontos/index.php/epemi/artic le/view/104</a>	Este artigo revisa a literatura brasileira (2019- 2025) sobre Inteligência Artificial na Educação Matemática inclusiva sob a ótica do Desenho Universal para Aprendizagem (DUA). Os resultados revelam o potencial da IA para personalização, mas apontam uma lacuna crítica de estudos empíricos que articulem, simultaneamente, IA, Matemática e DUA.
37	Bibliometric study on research trends in artificial intelligence and mathematics education	Leni Agustina Daulay, et al.	2025	Indonésia	<a href="https://journal.ibrahimy.ac.id/index.php/Alifmatika/artic le/view/7031?articlesBySimi larityPage=7">https://journal.ibrahimy.ac.id/index.php/Alifmatika/artic le/view/7031?articlesBySimi larityPage=7</a>	O artigo analisa o uso da inteligência artificial no ensino de Matemática por meio de revisão de literatura, destacando aplicações educacionais, benefícios pedagógicos e desafios de implementação. Os resultados indicam potencial da IA para apoiar a aprendizagem matemática, mas ressaltam limitações relacionadas à formação docente e infraestrutura educacional.
38	Trends and insights of AI in mathematics education: A bibliometric analysis	Sevda Göktepe Yıldız, et al.	2025	Turquia	<a href="https://doi.org/10.29333/iej me/16401">https://doi.org/10.29333/iej me/16401</a>	Este estudo bibliométrico analisou 830 publicações da Web of Science (1975–2024) sobre IA na educação matemática. Com liderança da China e EUA, a pesquisa mapeou o crescimento global da área. As tendências atuais destacam <i>machine learning</i> , ChatGPT e aprendizagem adaptativa para personalizar o ensino e elevar o desempenho estudantil.

39	Artificial Intelligence in Mathematics Education: ChatGPT's Capabilities and Limitations in Problem Posing	Çiğdem Arslan, et al.	2025	Turquia	<a href="https://ijemst.com/index.php/ijemst/article/view/5712">https://ijemst.com/index.php/ijemst/article/view/5712</a>	O estudo investiga a capacidade do ChatGPT em formular problemas matemáticos criativamente. Utilizando análise qualitativa, avalia fluência, flexibilidade e originalidade. Os resultados indicam alta fluência e flexibilidade, mas inconsistências conceituais, reforçando a necessidade de mediação docente no uso educacional da IA.
40	Teachers and Learners' Perceptions about Implementation of AI Tools in Elementary Mathematics Classes	Xuejing Song, et al	2025	Malásia	<a href="https://doi.org/10.1177/21582440251334545">https://doi.org/10.1177/21582440251334545</a>	O estudo investiga o impacto e as percepções sobre o uso de ferramentas de inteligência artificial em aulas de Matemática no ensino fundamental. Por meio de métodos mistos, os resultados indicam melhora significativa no desempenho matemático e percepções positivas, apesar de desafios técnicos, formativos e éticos.
41	Investigating dialogic interaction in K12 online one-on-one mathematics tutoring using AI and sequence mining techniques	Deliang Wang, et al.	2025	Hong Kong, China	<a href="https://doi.org/10.1007/s10639-024-13195-9">https://doi.org/10.1007/s10639-024-13195-9</a>	Este estudo aplicou IA (NLP e BERT) para analisar interações em tutorias de Matemática K-12. Os resultados automatizados revelaram que diálogos informais ocupam tempo significativo das sessões. Além disso, observou-se que estudantes do ensino secundário interagem mais ativamente que os do ensino básico durante as explicações online.
42	The implications of generative artificial intelligence for mathematics	Candace Walkington	2025	Estados Unidos	<a href="https://doi.org/10.1111/1/ss.m.18356">https://doi.org/10.1111/1/ss.m.18356</a>	O artigo revisa criticamente a literatura recente sobre inteligência artificial generativa na educação matemática após o lançamento do ChatGPT. Analisa aplicações em resolução de problemas, tutoria, adaptação de tarefas e planejamento docente, discutindo resultados, limitações éticas e direções futuras para

						pesquisa e prática educacional.
43	New Frontier in Mathematics Education: A Review of Emerging Trends and Critical Issues on Artificial Intelligence	Jay Fie Palar Luzano	2025	Filipinas	<a href="https://doi.org/10.46328/ijte.1028">https://doi.org/10.46328/ijte.1028</a>	Este artigo explora a integração da IA na educação matemática, destacando a aprendizagem personalizada, tutorias inteligentes e avaliações automatizadas como tendências. A tecnologia amplia o engajamento e a eficácia do ensino, mas o autor alerta para desafios éticos, privacidade de dados e a urgência da literacia digital docente.
44	Abordagens Pedagógicas com o Google Gemini no Ensino de Matemática	Thiago Santos	2025	Brasil	<a href="https://doi.org/10.47207/rbe.m.v6i1.19832">https://doi.org/10.47207/rbe.m.v6i1.19832</a>	Este artigo analisa o Google Gemini no Ensino Médio de Matemática, destacando o seu papel na criação de modelos didáticos e na personalização do ensino. Embora a IA multimodal potencie a resolução de problemas, o autor alerta para riscos de "alucinações" e dependência tecnológica, exigindo cautela pedagógica.

Vale ressaltar que, tem-se uma ideia sobre como estão distribuídos os 44 trabalhos incluídos no *corpus* final desta revisão. Estudos de diversas nacionalidades, em diversos níveis de ensino e alguns tratando sobre o uso da Inteligência Artificial no auxílio a alunos com deficiência ou dificuldade de aprendizagem. A seguir, esses mesmos estudos serão caracterizados e discutidos, de acordo com os parâmetros escolhidos, para assim tentar contemplar a maior quantidade de informações a respeito deles.



## 4.2 CARACTERIZAÇÃO GERAL

Nesta seção, apresenta-se a caracterização geral dos 44 estudos incluídos no *corpus* final desta revisão sistemática. A análise contempla: distribuição temporal (por ano), distribuição geográfica (por país), tipos de estudo, tipos de publicação e níveis educacionais, permitindo compreender o perfil e a abrangência da produção científica sobre a temática.

### 4.2.1. Distribuição temporal (por ano)

A análise da distribuição temporal, apresentada no Quadro 4, revela um crescimento significativo nas publicações nos últimos anos, tendência que corrobora com os achados de estudos bibliométricos recentes (NGGUYEN, 2025; GÖKTEPE YILDIZ; KÖRPEOĞLU, 2025).

De acordo com os dados apresentados no Quadro 4, a seguir, percebe-se uma evolução exponencial a partir de 2023, na qual se atingiu o pico em 2024 com 21 estudos, correspondendo a 47,7% dos achados nesta revisão. Os anos anteriores a 2022 não apresentaram publicações no *corpus* analisado.

O crescimento acentuado dos estudos coincide temporalmente com a popularização de modelos de Inteligência Artificial generativa (IA Gen). De modo particular, tem-se o ChatGPT, lançado em 2022, comprovando que a disseminação dessas ferramentas impulsionou o interesse de pesquisadores sobre a IA no ramo da educação e ensino de Matemática.

Outro fator importante que contribuiu para a expansão dos trabalhos pós-2023, foi a pandemia do COVID-19, que ocorreu entre os anos de 2020 e 2023. É válido lembrar que nesse período, as escolas ficaram fechadas, adotando o regime de ensino remoto, com aulas síncronas ou assíncronas. Por isso houve um grande avanço nas pesquisas, pela necessidade do uso durante as aulas e atividades, essas ferramentas começaram a ter um foco muito grande com aplicações em ambientes escolares.

Atrelado a tudo isso, o protocolo que alguns periódicos possuem para suas publicações também deve ser levado em consideração. Em alguns trabalhos incluídos, ao comparar a data de aceite com a data da publicação, observa-se que alguns desses periódicos podem levar até 1 ano para publicá-los, mesmo com revistas eletrônicas.

É importante lembrar que alguns trabalhos do ano de 2025 podem ter sido

submetidos para avaliação das revistas, mas ainda não haviam sido publicados até as buscas nas plataformas para esta revisão, fazendo com que eles não tenham sido publicados, nem mesmo como pré-print, como acontece com a base SciELO.

Note que a concentração de 84,1% das publicações entre 2024 e 2025 aponta que o campo está em fase de expansão acelerada, mesmo que incipiente, necessitando investigações mais aprofundadas sobre os impactos pedagógicos, éticos e críticos dessas tecnologias.

**Quadro 4 – Distribuição Temporal (por ano)**

Ano	Quantidade	%
2022	1	2,3%
2023	6	13,6%
2024	21	47,7%
2025	16	36,4%
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela Autora

Vale salientar que apesar do crescimento ser expressivo, a concentração temporal recente mostra uma lacuna na falta de estudos vastos, que acompanhem trajetórias de aprendizagem ao longo dos anos. Essa limitação dificulta a avaliação sobre os ganhos observados (quando existem), se sustentam ou se mostram apenas como efeito de algo novo utilizado como auxiliar na aprendizagem.

Junto a isso, a falta de publicações pré-2023 impossibilita análises comparativas sobre transformações pedagógicas pertinentes promovidas pela IA, reforçando que o campo requer maturidade investigativa para fundamentar políticas educacionais baseadas em evidências concretas.

#### 4.2.2 Distribuição geográfica (por país)

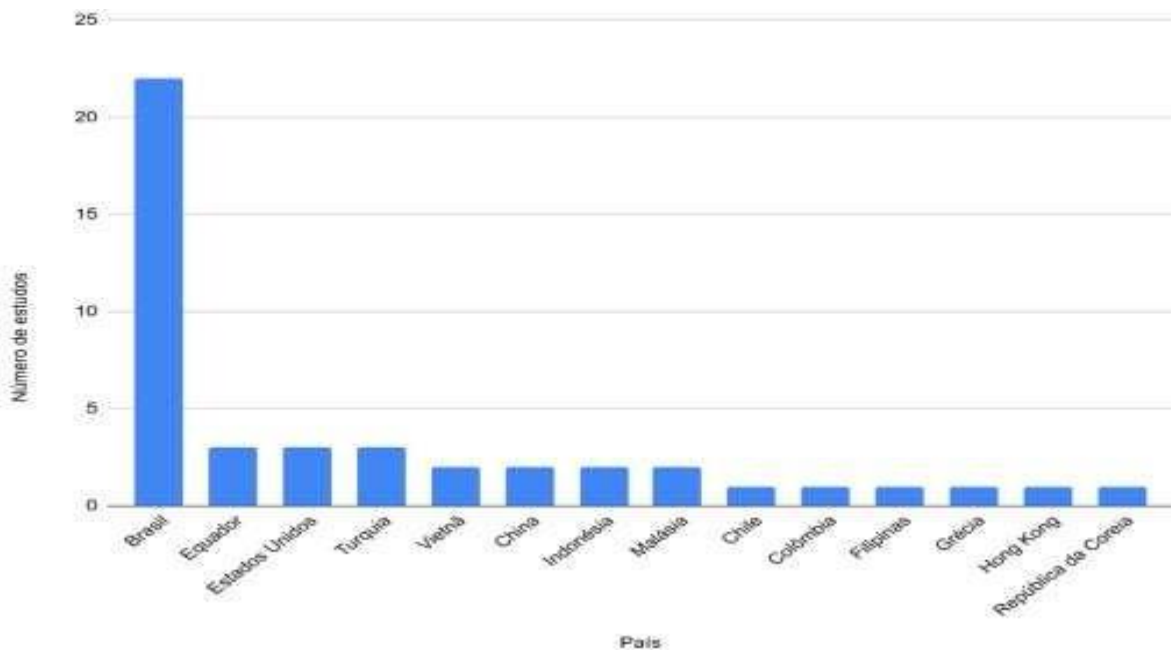
A análise da distribuição geográfica (por país) revela abrangência mundial, contemplando 13 países de diferentes continentes. Conforme apresentado no Gráfico 1, a seguir, o Brasil concentra metade das publicações (22 estudos, 50%), seguido por Equador, Estados Unidos e Turquia (3 estudos cada, 6,8%). Completam o panorama países da Ásia (Malásia, Vietnã, China, Indonésia, República da Coreia, Filipinas e Hong Kong), América Latina (Chile e Colômbia) e Europa (Grécia), cada um com 1 ou 2 estudos.

A distribuição apresentada contrasta moderadamente com as tendências globais identificadas em análises bibliométricas de maior escala, que apontam China,

Estados Unidos e países europeus como principais polos de produção científica sobre IA e infraestrutura educacional avançada (SUBROTO *et al.*, 2024; NGUYEN; PHAM, 2025).

A predominância de publicações brasileiras, nesta revisão, relaciona-se aos critérios metodológicos adotados, incluindo publicações em português e buscas em bases que contemplam produção nacional (SciELO e BDTD), evidenciando a robusta produção acadêmica brasileira sobre a temática, ainda que circulando, predominantemente, nos países desenvolvidos e emergentes e sendo sub-representada em bases internacionais de maior alcance.

**Gráfico 1 – Distribuição geográfica dos estudos**



Fonte: Dados colhidos pelo autor

É importante ressaltar que a concentração de estudos brasileiros (50%) demonstra o crescente interesse nacional pela articulação entre letramento matemático e Inteligência Artificial, possivelmente impulsionado por políticas educacionais que enfatizam o letramento matemático (BRASIL, 2018) e pela expansão de programas de pós-graduação em Educação Matemática, no país.

A sub-representação de países da América Latina e África remete a uma lacuna, que é a escassez de perspectivas oriundas de contextos de baixa e média renda. A limitação implica no entendimento sobre aplicações de IA adaptadas a realidades educacionais distintas e reforça a necessidade de investigações mais inclusivas e contextualizadas, capazes de promover equidade no campo da Educação

Matemática.

### 4.2.3 Tipos de Estudo

A análise dos tipos de estudo quanto ao aspecto metodológico revela predominância de revisões de literatura, de acordo com o Quadro 5, a seguir. Foram identificados 26 estudos de revisão (59,1%), incluindo revisões sistemáticas, narrativas, bibliométricas e mapeamentos sistemáticos; 14 estudos empíricos (31,8%), contemplando pesquisas experimentais, quase-experimentais e estudos de caso; 2 estudos teóricos (4,5%), de natureza conceitual e ensaística; e 2 relatos de experiência (4,5%), descrevendo implementações práticas de ferramentas de IA.

A distribuição metodológica reflete o estágio específico de desenvolvimento do campo, a predominância de revisões aponta o esforço de mapear e sintetizar o conhecimento ainda disperso, padrão identificado também por Paqueban e Huincahue (2024), ao analisarem 29 artigos sobre IA na Educação Matemática, e também identificarem a predominância de estudos de revisão sobre pesquisas empíricas.

Enquanto isso, a menor proporção de estudos empíricos mostra que investigações com aplicação direta em contextos educacionais permanecem embrionárias, provavelmente devido à novidade das tecnologias de IA generativa e à necessidade de tempo para planejamento, execução e análise de intervenções pedagógicas de longo prazo. O Quadro 5 apresenta sinteticamente os percentuais dos tipos de estudo.

**Quadro 5 – Tipos de Estudo**

Tipo	Quantidade	%
Revisão	26	59,1%
Empírico	14	31,8%
Teórico	2	4,5%
Relato de experiência	2	4,5%
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

Destaca-se que a hegemonia de estudos de revisão (59,1%) enfatiza que o campo ainda se encontra em fase de consolidação teórico-metodológica, buscando entender o estado da arte e reconhecer lacunas, antes de avançar para investigações empíricas robustas. Entretanto, esse aspecto apresenta uma limitação importante: revisões baseiam-se em evidências iniciais que, neste caso, são escassas (apenas 31,8% de estudos empíricos), criando um ciclo de produção científica, que sintetiza um

conhecimento ainda em sua fase inicial.

A baixa frequência de estudos vastos e experimentais dificulta deduções causais sobre a efetividade da IA para o desenvolvimento do letramento matemático, lacuna apontada por Awang et al. (2025), fortalecendo a ideia de que o entusiasmo científico pela temática ainda não pode ser descrito ou considerado uma base sólida, capaz de conduzir práticas pedagógicas fundamentadas em evidências.

Além disso, a baixa quantidade de relatos de experiência (4,5%) indica o distanciamento entre produção acadêmica e prática docente, sugerindo que os professores da Educação Básica continuam sub-representados como protagonistas na produção de conhecimento sobre IA na Educação e letramento matemático.

#### **4.2.4 Tipos de Publicação**

A análise dos tipos de publicação revela predominância de artigos de periódicos (32 estudos, 72,7%), seguido por anais de congresso (4 estudos, 9,1%), outros formatos (4 estudos, 9,1%), dissertações (2 estudos, 4,5%) e Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) (2 estudos, 4,5%), conforme apresentado no Quadro 6, a seguir. Essa distribuição mostra a valorização de canais estabelecidos e revisados por pares, como os veículos de disseminação de IA na Educação Matemática, padrão esperado em campos científicos consolidados.

Além disso, apesar da baixa frequência de dissertações e teses (4,5%), os programas de pós-graduação aos poucos estão se interessando pela temática. Acredita-se que a necessidade de um tempo para o desenvolvimento de investigações mais aprofundadas sobre ferramentas de IA generativa, plataformas para Educação Matemática e aplicativos para resolução de problemas, pode impulsionar mais estudos sobre o campo.

Estudos bibliométricos sobre IA na Educação Matemática também destacam a superioridade de artigos de periódico em suas bases de dados, apesar de alertarem para um possível viés de seleção, que favorece publicações em inglês e exclui outros idiomas relevantes (NGUYEN, 2025; SUBROTO *et al.*, 2024). O Quadro 6 apresenta resumidamente os percentuais dos tipos de publicação.

**Quadro 6 – Tipos de Publicação**

<b>Tipo</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
Artigo de periódico	32	72,7%
Anais de Congresso	4	9,1%
Outros	4	9,1%
Dissertação	2	4,5%
TCC	2	4,5%
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

A predominância de artigos de periódico (72,7%), mesmo indicando maturidade na comunicação científica, expõe limitações. Artigos de periódico, por restrições de formato e extensão, priorizam sínteses em detrimento das descrições metodológicas detalhadas e análises contextuais aprofundadas, limitação frisada por Holman *et al.* (2025) ao revisarem intervenções de IA na Educação Matemática.

Além disso, a falta de dissertações e teses (4,5%) acaba revelando uma privação no campo de investigação, contribuindo para a escassez de estudos de caso etnográficos. Esses formatos de trabalhos permitem compreender processos de implementação da IA na Educação Matemática, situações enfrentadas pelos docentes, adaptações em contexto diversos e impactos de longo prazo sobre trajetórias de aprendizagem.

A pouca representação de TCC (4,5%) e relatos em anais de congressos (9,1%) sugere um distanciamento entre a formação inicial e continuada de professores e discussões sobre IA, uma lacuna crítica, visto que os docentes em exercício são mediadores indispensáveis para a integração pedagógica dessas tecnologias (BARROS; ABREU, 2024).

Essa configuração potencializa a necessidade de fomentos institucionais para investigações empíricas em programas de pós-graduação e maior articulação entre universidade e Educação Básica, pois muitas vezes cria-se uma muralha entre esses espaços tão diferentes, mas tão complementares e necessários entre si.

#### **4.2.5 Níveis Educacionais**

A análise dos níveis educacionais mostra um equilíbrio interessante: a Educação Básica em sentido amplo e o Ensino Superior aparecem empatados, cada um com 15 estudos (34,1%), seguidos por Ensino Médio (13 estudos, 29,5%), Anos Iniciais do Ensino Fundamental (12 estudos, 27,3%), Anos Finais do Ensino Fundamental (4 estudos, 9,1%),

K-12<sup>6</sup> (2 estudos, 4,5%) e nível não especificado (2 estudos, 4,5%), como apresentado no Quadro 7, a seguir.

Vale destacar que vários estudos abordam mais de um nível educacional, como é o caso de revisões sistemáticas e bibliométricas, por isso a soma total passa de 100% no quadro abaixo. A categoria Educação Básica (geral) reúne os trabalhos que tratam de Educação Básica de forma mais ampla, sem separar em segmentos específicos.

A distribuição no *corpus* desta revisão diverge um pouco do que aparece em revisões anteriores. Panqueban e Huincahue (2024), identificaram um forte domínio de trabalhos do Ensino Superior (48,3%), seguido por Ensino Médio (17,2%) e Ensino Fundamental (10,3%), e isso chama a atenção justamente para a pouca representatividade dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Nesta revisão, todavia, o equilíbrio entre a Educação Básica e Ensino Superior pode ser explicado devido aos critérios de busca, que incluíram o descritor “Educação Básica”, contribuindo para um maior volume de estudos voltados para esse nível. Além disso, o Ensino Superior, historicamente, possui uma maior infraestrutura tecnológica, fomentos de pesquisa e acesso a ferramentas de IA e plataformas digitais.

Essa diferença reforça como é importante planejar strings de busca cuidadosas para dar visibilidade para os níveis educacionais que, por vezes, ficam escondidos em bases de buscas. O Quadro 7 mostra sinteticamente os percentuais dos níveis educacionais.

**Quadro 7 – Níveis educacionais**

Nível Educacional	Frequência	%
Educação Básica (geral)	15	34,1%
Ensino Superior	15	34,1%
Ensino Médio	13	29,5%
Anos Iniciais do Ensino Fundamental	12	27,3%
Anos Finais do Ensino Fundamental	4	9,1%
K-12	2	4,5%
Não especificado	2	4,5%

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

Destarte, ao desmembrar a categoria Educação Básica (geral), nota-se uma

<sup>6</sup> K-12, terminologia do sistema educacional norte-americano, designa o período que vai do Kindergarten (jardim de infância, geralmente 5 – 6 anos) ao 12º ano do ensino secundário (high school, geralmente 17 – 18 anos), correspondendo, no Brasil, à Educação Básica completa: Educação Infantil, Ensino Fundamental (anos iniciais e anos finais) e Ensino Médio (OCDE, 2019).

separação expressiva: o Ensino Médio aparece em 29,5% dos estudos, os Anos Iniciais do Ensino Fundamental apresenta 27,3% e os Anos Finais do Ensino Fundamental surge com apenas 9,1%. Essa discrepância dos resultados dos anos finais do Ensino Fundamental em relação aos outros segmentos é preocupante.

A lacuna observada é relevante, visto que o desenvolvimento do letramento matemático necessita de uma continuidade ao longo de toda a Educação Básica, principalmente na passagem dos anos iniciais para os anos finais do Fundamental, período em que os conteúdos ganham complexidade e exigem mais abstrações (BRASIL, 2018).

Além de tudo, ressalta-se que a ausência de estudos específicos sobre Educação Infantil (não identificada como categoria no *corpus*) mostra que aplicações de IA para o desenvolvimento de pré-números, alfabetização matemática e raciocínio lógico, nessa fase, são praticamente inexistentes. É uma lacuna que merece atenção para estudos futuros, pois esse nível educacional possui grande potencial de tecnologias lúdicas e interativas.

A caracterização geral dos 44 estudos mostrou um campo em expansão acelerada (84,1%, pós 2023), com predomínio brasileiro (50%), concentração em revisões de literatura (59,1%) e predominância de artigos de periódico (72,7%).

Entretanto, a expansão quantitativa revela algumas fragilidades metodológicas, como: escassez de estudos empíricos, fragmentação da Educação Básica, sub-representação de segmentos importante; como nos anos finais do Ensino Fundamental, que aparece em 9,1% dos estudos. Com essa caracterização do *corpus* feita, a próxima seção examina como esses estudos abordam o conceito central desta revisão: o letramento matemático.

### 4.3 LETRAMENTO MATEMÁTICO

Esta seção apresenta a análise central da revisão sistemática: a presença (ou ausência) da definição e da abordagem ao conceito de letramento matemático, as competências investigadas nos estudos e o alinhamento com as diretrizes da BNCC e do PISA. Esses elementos ajudam a compreender como a literatura recente tem tratado o letramento matemático nos 44 estudos incluídos no *corpus* final.

#### 4.3.1 Presença do conceito

O letramento matemático, conforme definido pela BNCC (2018) e pela OCDE/PISA (2022), vai muito além do domínio procedimental, pois engloba a capacidade de formular, empregar, interpretar e raciocinar matematicamente nos mais diversos contextos, como já foi discutido no Capítulo 2 desta revisão. Essa competência implica que os estudantes não só aprendam os conteúdos e apliquem dentro da sala de aula em provas ou exercícios, mas sim que eles desenvolvam um senso crítico e ético, que sejam fundamentais para o pleno exercício da cidadania.

Dada a centralidade desse conceito para os objetivos desta pesquisa, analisou-se como os 44 estudos do *corpus* abordaram a IA na Educação Matemática, definiram e articularam com o letramento matemático.

A análise da definição de letramento matemático apontou uma lacuna: apenas 1 dos 44 estudos (2,3%) define explicitamente o letramento matemático, enquanto os outros 43 (97,7%) não apresentam conceito; esses dados estão explicitados no Quadro 8, a seguir. Apesar de muitos desses estudos apresentarem competências diretamente ligadas ao letramento matemático, como apresentaremos posteriormente, no Quadro 9, existe uma desconexão evidente entre as práticas investigativas e fundamentação teórica explícita sobre o conceito.

Essa lacuna expõe uma outra face: a ausência da definição do termo impede a avaliação se o uso de IA na Educação Matemática promove o letramento em seu sentido amplo (crítico, contextualizado e emancipatório) ou se restringe-se a uma automatização de algoritmos e aplicações procedimentais. O Quadro 8 exhibe resumidamente os percentuais da definição de letramento matemático.

**Quadro 8 – Definição de letramento matemático**

Define Letramento Matemático?	Quantidade	%
Não	43	97,7%
Sim (explicitamente)	1	2,3%
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>100%</b>

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

De acordo com o quadro, fica evidente que o conceito de letramento matemático ainda é pouco conhecido ou explorado na literatura sobre Educação Matemática, inclusive nos estudos com IA. Porém, uma Educação Matemática comprometida com o letramento crítico, não pode se contentar apenas com aplicações técnicas da IA.

Ela deve questionar: Para quê ou para quem essas tecnologias servem? A

lógica por trás delas é tecnicista e sem significado? Uma vez que essas ferramentas, quando utilizadas e mediadas de forma correta pelos alunos, poderiam contribuir para o desenvolvimento de um letramento matemático pleno, o qual seja questionador, contextual e transformador; mas isso exige um avanço na literatura.

#### 4.3.2 Definições utilizadas

Em concordância com os dados do Quadro 8, apenas 1 dos 44 estudos (2,3%) apresentou uma definição explícita de letramento matemático. Trata-se do artigo “Inteligência Artificial e Letramento Matemático: inovação pedagógica ou risco de dependência tecnológica?”, de Ednilson Sergio Ramalho de Souza (2025).

Segundo Souza (2025), o letramento matemático é definido como “a capacidade de compreender, interpretar e aplicar conceitos matemáticos em diferentes contextos, permitindo ao indivíduo tomar decisões fundamentadas e resolver problemas do cotidiano.” (seção introdutória, p. 3).

Os outros 43 estudos (97,7%) não oferecem nenhuma definição conceitual clara. Em vez disso, utilizam termos próximos ao conceito do letramento matemático, como: competências matemáticas, habilidades matemáticas, pensamento matemático ou proficiência matemática; sem explicar seus significados ou conectá-los teoricamente ao letramento matemático.

A definição de Souza (2025) alinha-se diretamente a BNCC (2018) e ao PISA (2022) de forma precisa, neutra e funcional, ajudando o leitor a compreender na totalidade o conceito e validando as discussões apresentadas no Capítulo 2 desta revisão. Essa é a única referência explícita apresentada dentre os 44 estudos, destacando como o letramento matemático ainda é uma área pouco estudada na literatura, principalmente quando atrelada à IA na Educação Matemática.

No entanto, a ausência dos conceitos explícitos (97,7%) não significa, necessariamente, que os estudos ignorem as dimensões do letramento matemático. Na próxima seção serão discutidas algumas competências investigadas, que estão alinhadas diretamente com as propostas da OCDE (formular, empregar, interpretar, raciocinar, argumentar), mesmo que de forma implícita e fragmentada.

Apesar disso, essa fragmentação conceitual não coopera para a avaliação das intervenções com a IA na promoção plena, crítica e contextualizada do letramento matemático, ou limitam-se a habilidades procedimentais superficiais, sem uma

compreensão conceitual profunda e aplicação crítica.

### 4.3.3 Competências investigadas

A análise das competências investigadas mostra a predominância de resolução de problemas (30 estudos, 68,2%), seguida pelo raciocínio lógico-matemático (18 estudos, 40,9%), pensamento crítico (7 estudos, 15,9%), interpretação (7 estudos, 15,9%), modelagem matemática (6 estudos, 13,6%), aplicação em contextos reais (5 estudos, 11,4%), criatividade matemática (3 estudos, 6,8%) e comunicação matemática (3 estudos, 6,8%), conforme apresentado no Quadro 9, a seguir.

Essa distribuição valida achados de revisões anteriores, que também identificaram resolução de problemas como competência predominante em investigações sobre IA na Educação Matemática (PANQUEBAN; HUINCAHUE, 2024; HOLMAN *et al.*, 2025). Ela reflete, parcialmente, as dimensões do letramento matemático propostos pela OCDE (2019/2022): formular, empregar, interpretar e raciocinar.

Entretanto, a distribuição é desigual, com lacunas evidentes nas competências mais críticas e integradoras. Assim, o Quadro 9 apresenta sinteticamente os percentuais das competências investigadas.

**Quadro 9 – Competências Investigadas**

Competência	Frequência	%
Resolução de problemas	30	68,2%
Raciocínio lógico-matemático	18	40,9%
Pensamento crítico	7	15,9%
Interpretação	7	15,9%
Modelagem matemática	6	13,6%
Aplicação em contextos reais	5	11,4%
Criatividade matemática	3	6,8%
Comunicação matemática	3	6,8%

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

É importante frisar a existência de algumas lacunas que precisam de atenção e de debate sobre o papel da IA na Educação Matemática. De acordo com o Quadro 9, competências críticas e emancipatórias, como: pensamento crítico (15,9%), aplicação em contextos reais (11,4%), comunicação matemática (6,8%) e criatividade matemática (6,8%); aparecem nos últimos lugares. Essas competências são essenciais para o empoderamento dos estudantes como cidadãos reflexivos, capazes de usar a Matemática de forma ética e transformadora.

Outro achado é a situação de vários estudos apresentarem múltiplas competências, mas de forma fragmentada e não integrada. Isso cria uma mera soma de habilidades isoladas, sem articulação real entre resolução de problemas, raciocínio, interpretação e comunicação dos conceitos matemáticos. O resultado disso é que o letramento matemático pleno não se materializa, pois essas dimensões precisam ser trabalhadas de modo simultâneo e contextualizado.

O foco procedimental de algumas competências, como é o caso de resolução de problemas (68,2%) e raciocínio lógico (40,9%), reforçam um viés tecnológico, que prioriza as competências que a IA consegue treinar. E assim, negligenciam competências genuinamente humanas, como a criatividade e comunicação matemática (ambas com 6,8%), que não podem ser treinadas pela IA mesmo tentando emular comportamentos humanos.

Logo, o risco que se corre quando se trata a IA dessa forma, é reduzir a Matemática a algo algoritmizável, criando um letramento matemático instrumental, que resolve exercícios de modo eficiente, mas perde a criticidade de compreender, questionar e transformar o mundo e contextos que utilizam a Matemática.

#### **4.3.4 Alinhamento com BNCC ou PISA**

Os documentos normativos revelam que apenas 9,1% (4 de 44 estudos) mencionam explicitamente BNCC ou PISA/OCDE. Apesar disso, 56,8% (25 de 44 estudos) abordam competências implicitamente alinhadas às dimensões do letramento matemático, conforme detalhado na Parte A do Quadro 10.

Quanto às dimensões apresentadas pela OCDE (2019), tem-se a concentração da dimensão empregar (resolução de problemas, aplicação), com 26 estudos (59,1%), seguida por raciocinar (raciocínio matemático, pensamento crítico), com 19 estudos (43,2%). Em seguida vem interpretar (interpretação, comunicação matemática) com 10 estudos (22,7%) e formular (modelagem matemática, formulação de problemas), com 7 estudos (15,9%). Essa distribuição demonstra um desequilíbrio claro.

Desse modo, o Quadro 10 mostra sinteticamente os percentuais em relação ao alinhamento com BNCC/PISA, dividido em duas partes: Parte A – Menção a documentos normativos e Parte B – Alinhamento com dimensões do letramento matemático (PISA/OCDE).

**Quadro 10 – Alinhamento com BNCC e PISA<sup>7</sup>**

<b>Parte A: Menção a Documentos Normativos</b>		
<b>Categoria</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
Aborda competências alinhadas (implícito)	25	56,8%
BNCC	4	9,1%
PISA/OCDE	4	9,1%
Explícita alinhamento com letramento matemático	4	9,1%
Não aborda/não específica	1	2,3%
Fonte: Elaborado pela Autora (2026)		
<b>Parte B: Alinhamento com Dimensões do Letramento Matemático (PISA/OCDE)</b>		
<b>Dimensão do Letramento</b>	<b>Quantidade</b>	<b>%</b>
Empregar (resolução de problemas, aplicação)	26	59,1%
Raciocinar (raciocínio matemático, pensamento crítico)	19	43,2%
Interpretar (interpretação, comunicação matemática)	10	22,7%
Formular (modelagem matemática, formulação de problemas)	7	15,9%

Fonte: Elaborado pela Autora

Portanto, a predominância da dimensão “empregar” (59,1%) em detrimento de “formular” (15,9%) ilustra que muitas aplicações de IA priorizam aspectos procedimentais, como resolver exercícios de forma eficiente, em vez de fomentar criatividade, modelagem de situações reais e formulação de problemas em diferentes contextos.

Essa tendência contraria tanto a BNCC (2018), que defende o desenvolvimento integrado das competências matemáticas, quanto ao PISA (OCDE, 2019), que define o letramento matemático como a capacidade de formular, empregar, interpretar e raciocinar matematicamente em contextos reais.

Barros e Abreu (2024) e Panqueban e Huincahue (2024) também identificaram a lacuna de articulação explícita entre aplicações de IA e documentos normativos (nacionais ou internacionais). O campo opera, majoritariamente, sob uma lógica de eficiência logarítmica, sem questionar profundamente a finalidade da Matemática ensinada ou do seu papel na formação cidadã.

A caracterização do letramento nos estudos pode ser resumida como: ausência de definições, foco procedimental, baixo alinhamento explícito com BNCC e PISA e

<sup>7</sup> Os estudos podem abordar múltiplas dimensões simultaneamente, portanto, a soma pode ser superior a 100%.

negligência de perspectivas críticas. Essa síntese contextualiza a análise das ferramentas de Inteligência Artificial identificadas no *corpus*, que será apresentada a seguir.

Ao examinar quais tecnologias estão sendo usadas e como são aplicadas nas salas de aula, permitiu-se aprofundar o debate sobre como a IA pode (ou não) contribuir para um letramento matemático verdadeiramente crítico, contextualizado e emancipador.

#### 4.4 FERRAMENTAS DE IA

Esta seção apresenta a análise das ferramentas de Inteligência Artificial, a saber: categorias de ferramentas, ferramentas mais citadas nos trabalhos do *corpus* final e as tendências emergentes e de transição tecnológica. Esses elementos ajudam a compreender como a literatura recente tem tratado as ferramentas de IA nos 44 estudos incluídos no *corpus* final.

##### 4.4.1 Categorias de ferramentas

Nesta seção, será feito um apanhado das principais categorias de ferramentas encontradas nos trabalhos do *corpus* final desta revisão. Para facilitar a compreensão, essas ferramentas serão divididas em seis categorias, as quais serão definidas e exemplificadas de acordo com a frequência de aparição nos trabalhos e discutidas em mais detalhes na seção seguinte. As categorias são:

- Modelos de Linguagem Generativa (LLMs);
- Sistemas Tutores Inteligentes (ITS);
- Aplicativos de Resolução de Problemas;
- Plataformas Adaptativas;
- Ferramentas de Geometria Dinâmica;
- Tecnologias Subjacentes (Machine Learning e Deep Learning).

Modelos de Linguagem Generativa (LLMs) são sistemas baseados em redes neurais profundas que processam e geram textos em linguagem natural, compreendendo contexto, respondendo perguntas e produzindo conteúdo coerente (BROWN *et al.* 2020). Embora não sejam exclusivos da Matemática, porque podem ser usados em qualquer área, sua interface conversacional facilita muito o uso educacional, com prompts bem elaborados os resultados ficam ainda mais precisos e úteis. Os principais achados desta revisão foram o ChatGPT, o Gemini e o Microsoft

Copilot.

Sistemas Tutores Inteligentes (ITS) são softwares educacionais estruturados que utilizam IA para diagnóstico contínuo do conhecimento do aluno e instrução adaptativa em domínios específicos, como a Matemática (Son, 2024). Eles se baseiam em três modelos principais: o modelo do estudante (o que ele já sabe), o modelo do domínio (o que deve ser ensinado) e o modelo pedagógico (como ensinar melhor). Por gerar um *feedback* adaptativo e baseado no desempenho do estudante, o diagnóstico do conhecimento adquirido é contínuo. Nesta revisão, o sistema mais citado foi o ALEKS.

Aplicativos de resolução de problemas matemáticos utilizam reconhecimento óptico de caracteres (OCR) e algoritmos de IA para identificar problemas fotografados e fornecer soluções passo a passo (BORBA; SILVA; GADANIDIS, 2020). São geralmente *Mobile-first*, projetados primeiro para smartphones e depois adaptados para telas maiores, o que torna o acesso rápido e intuitivo. O sistema de reconhecimento óptico de imagem permite ao usuário a resolução automática do problema escaneado de forma automática e com explicação. Por serem gratuitos e instantâneos, ajudam bastante os alunos na resolução de problemas fora do ambiente escolar. Nesta revisão, destacaram-se o Photomath e o Mathway (este último mencionado, mas sem frequência alta).

Plataformas Adaptativas são sistemas que utilizam dados de desempenho para personalizar experiências de aprendizagem, oferecendo conteúdos e atividades ajustados ao perfil de cada estudante (HOLMES; BIALIK; FADEL, 2019). Elas criam trajetórias individualizadas por meio de algoritmos, o que torna o acompanhamento com os alunos mais próximo e preciso. Além disso, essas plataformas também podem integrar múltiplos recursos, como: vídeoaulas, listas de exercícios e avaliações personalizadas. No *corpus*, o ALEKS aparece novamente, funcionando simultaneamente como ITS e plataforma adaptativa.

Ferramentas de Geometria Dinâmica são softwares que permitem construção, manipulação e exploração interativa de objetos matemáticos, articulando representações algébricas e geométricas de forma integrada (HOHENWATER; PREINER, 2007). Eles permitem uma visualização dinâmica do que está sendo construído, com caixas para expressões algébricas, representações geométricas e botões interativos que ajudam na melhor exploração conceitual. No *corpus* da revisão, o GeoGebra é o representante principal dessa categoria.

Tecnologias Subjacentes (*Machine Learning* e *Deep Learning*) referem-se às técnicas computacionais, que permitem sistemas aprenderem padrões a partir de dados sem programação explícita. O *Machine Learning* (ML) é a base geral, enquanto *Deep Learning* (DL) é uma subárea que utiliza redes neurais artificiais, com múltiplas camadas para processar grandes volumes de dados e identificar padrões complexos, aplicáveis à personalização educacional, à predição de desempenho e à recomendação adaptativa (HOLMES; BIALIK; FADEL, 2019). Diferente das categorias anteriores, ML e DL não são ferramentas finais para o usuário: são técnicas de base que alimentam ITS, plataformas adaptativas, OCR em aplicativos de resolução e outros sistemas.

Na próxima seção, serão apresentadas as ferramentas mais citadas nos trabalhos do *corpus* final, analisando suas frequências e fazendo um comparativo para entender como elas podem contribuir (ou não) para a promoção do letramento matemático, ancoradas nas definições explicitadas aqui.

#### 4.4.2 Ferramentas mais citadas

A análise das ferramentas mais citadas mostra a predominância do ChatGPT, com 24 estudos (54,5%), seguido pelos Sistemas Tutores Inteligentes, com 10 estudos (22,7%), Machine Learning, com 5 estudos (11,4%), GeoGebra e Deep Learning, com 4 estudos cada (9,1%), Photomath, com 3 estudos (6,8%), Gemini, com 2 estudos (4,5%) e finalizando com ALEKS e Microsoft Copilot, ambos com 1 estudo (2,3%); apresentado no Quadro 11, a seguir.

Vale destacar que vários estudos abordam mais de uma ferramenta em seu desenvolvimento, como é o caso de revisões sistemáticas e bibliométricas, por isso a soma total passa de 100% no quadro abaixo. O Quadro 11 mostra sinteticamente os percentuais das ferramentas mais citadas.

**Quadro 11 – Ferramentas mais Citadas**

Ferramenta	Frequência	%
ChatGPT	24	54,5%
Sistemas Tutores Inteligentes (ITS)	10	22,7%
Machine Learning	5	11,4%
GeoGebra	4	9,1%
Deep Learning	4	9,1%
Photomath	3	6,8%
Gemini	2	4,5%
ALEKS	1	2,3%
Microsoft Copilot	1	2,3%

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

A predominância do ChatGPT (54,5%) evidencia a concentração excessiva que Nguyen (2025) também identificou na sua análise bibliométrica de 830 estudos, nos quais o ChatGPT figurou como palavra-chave mais forte pós-2023. Isso, provavelmente, acarretaria na concentração em uma única ferramenta pedagógica, o que pode gerar uma dependência tecnológica e viés de pesquisa, além de não apresentar dados comparativos.

Nota-se a baixa frequência de aplicativos de resolução, como é o caso do Photomath (6,8%), o que contrasta com o uso em massa pelos estudantes, mostrando um desencontro entre pesquisas acadêmicas e realidades estudantis. Barros e Abreu (2024), ao mapearem pesquisas brasileiras sobre IA na Educação Matemática, identificaram o maior aparecimento de ferramentas LLMs em vez de aplicativos móveis amplamente adotados por estudantes fora da escola.

Em consonância com esse pensamento, Selwyn (2017) apresenta a negligência em relação a ferramentas vistas como atalhos ou cola tecnológica, que são muito utilizadas, mas a academia acaba desconsiderando-as. Outro achado crítico é a falta de ferramenta de geometria dinâmica, no *corpus*, pois tem-se apenas o GeoGebra (9,1%), o que reflete na negligência em relação às competências visuais-espaciais.

Duval (2009) explica que o letramento matemático exige uma articulação entre múltiplos registros de representação, a saber: algébrico, geométrico, gráfico e linguagem natural. A marginalização da geometria presenciada em muitas escolas brasileiras, contradiz essa perspectiva, o que acaba sugerindo que a IA está sendo mobilizada para procedimentos simbólicos, e não para a exploração conceitual multimodal.

A hegemonia de ferramentas norte-americanas, como ChatGPT, Photomath e Microsoft Copilot, apresenta uma forte dependência tecnológica e ausência de soberania digital. Valente (2018) alerta que a adoção massiva de tecnologias estrangeiras subordina currículos e práticas pedagógicas a lógicas externas, esquecendo das raízes culturais e educacionais brasileiras.

Mesmo que a Geekie seja uma porta para o desenvolvimento de plataformas nacionais, ela não foi estudada ou citada em nenhum dos trabalhos do *corpus* final desta revisão, mas poderia ser uma saída para contextualizar com a realidade local.

#### **4.4.3 Tendências atuais**

Na seção anterior, obteve-se um panorama geral das ferramentas de IA que mais apareceram no *corpus* final da revisão. Nguyen e Pham (2025) destacam a evolução das ferramentas de IA na Educação Matemática, identificando a transição de sistemas específicos para modelo de propósito geral, como os conversacionais.

Salienta-se ainda que, de acordo com o Quadro 11, é evidente a predominância do ChatGPT sobre as demais ferramentas, um reflexo do declínio relativo dos Sistemas Tutores Inteligentes (ITS) tradicionais e da ascensão rápida da IA generativa. Na prática, houve a troca de modelos com propósito definido e estrutura pedagógica rígida, por ferramentas versáteis, capazes de se adaptar a múltiplos contextos e áreas do conhecimento.

Outra tendência emergente é a democratização do acesso às tecnologias. Hoje, muitas plataformas estão disponíveis em dispositivos móveis e pessoais, algo que antes era centralizado em laboratórios institucionais ou computadores escolares. Borba, Silva e Gadanidis (2020) já apontavam essa fase atual das tecnologias digitais, caracterizada por mobilidade e pelo uso cotidiano via smartphones, o que transforma a relação dos estudantes com os recursos matemáticos.

Por outro lado, essa facilidade de acesso traz um alerta importante, visto que, sem mediação pedagógica adequada, o risco de dependência cresce, e o uso pode se tornar ineficiente ou superficial, limitando o aproveitamento real das ferramentas.

Holmes, Bialik e Fadel (2019) chamam atenção para outra evolução promissora, a integração de múltiplas modalidades (texto, voz, imagem) em sistemas de IA educacional, ampliando formas de interação entre máquina e humano. Plataformas conversacionais como LLMs permitem diálogos mais naturais e dinâmicos, e são sustentadas por tecnologias subjacentes como ML e DL, que atuam como base para personalização, predição e recomendação. Isso transforma a sala de aula em um ambiente novo e mais interativo, tanto para professores quanto para alunos.

Contudo, essas tendências ainda são muito recentes e faltam estudos vastos para avaliar, de verdade, os ganhos e perdas para a educação. Skovsmose (2001), em sua perspectiva de Educação Matemática Crítica, alerta que tecnologias educacionais, quando não submetidas a escrutínio crítico e rigoroso, tendem a reproduzir relações de poder existentes e desigualdades sociais.

Para o letramento matemático, essa lacuna é especialmente preocupante, uma vez que sem criticidade sobre o que e como está sendo ensinado, corremos o risco de

enfraquecer outras dimensões essenciais, comprometendo a formação de cidadãos reflexivos e capazes de questionar o mundo.

Em resumo, a caracterização das ferramentas de IA no *corpus* evidencia uma diversidade tecnológica (LLMs, ITS, aplicativos, plataformas, geometria dinâmica), apesar da concentração excessiva do ChatGPT e tendências marcadas por lógica tecnicista de eficiência e personalização algorítmica.

Após esse mapeamento de quais ferramentas dominam e como se distribuem no campo e na literatura, torna-se essencial avançar para uma análise mais profunda: Sob quais perspectivas teórico-pedagógicas as tecnologias são abordadas? Em especial, a necessidade de investigar a presença (ou ausência) de referenciais críticos e emancipatórios, que questionem não só o que a IA pode fazer, mas para que, para quem e a serviço de quais interesses ela está sendo mobilizada na Educação Matemática.

#### 4.5 PERSPECTIVA CRÍTICA

A análise da presença de referenciais críticos revela um achado preocupante: apenas 2 dos 44 estudos (4,5%) adotam perspectiva crítica/emancipatória, conforme apresentado no Quadro 12, a seguir. Freire é mencionado em 2 estudos (4,5%), Skovsmose em 1 estudo (2,3%), e D'Ambrósio está completamente ausente (0%).

O resultado evidencia que 42 dos 44 estudos (95,5%) não mobilizam referenciais teóricos da Educação Matemática Crítica (Skovsmose), da Etnomatemática (D'Ambrósio) ou da Pedagogia Freiriana (Freire); predominando uma lógica tecnicista, que prioriza eficiência algorítmica, personalização para performance e otimização de resultados.

A ausência de questionamentos éticos, políticos ou emancipatórios da IA na Educação Matemática está ligada à lacuna conceitual identificada anteriormente: 97,7% dos estudos não definem letramento matemático. Assim, o campo avança sem base conceitual explícita sobre o que é letramento matemático e sem perspectiva crítica que indague: Para quê, para quem e a serviço de quais interesses a IA está sendo mobilizada? O Quadro 12 apresenta, resumidamente, os percentuais da presença de referenciais críticos.

**Quadro 12 – Presença de referenciais críticos**

Referencial crítico	Frequência	%
Freire	2	4,5%
Skovsmose	1	2,3%
D'Ambrósio	0	0%
Total com perspectiva crítica	2	4,5%
Total sem perspectiva crítica	42	95,5%

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

É importante frisar que há urgência de incorporar perspectivas críticas/emancipatórias no uso da IA como auxiliar ao letramento matemático. Nesse sentido, três tendências fundamentais fomentam uma Matemática ética, crítica, emancipatória e contextualizada: a Educação Matemática Crítica de Skovsmose, a Etnomatemática com D'Ambrósio e a Pedagogia Freiriana.

A Educação Matemática Crítica (EMC) preocupa-se com a dimensão política da Matemática, questionando como o conhecimento matemático é usado para estruturar e justificar desigualdades sociais (SKOVSMOSE, 2001). Sendo assim, a EMC proporciona ao aluno questionar como o conhecimento matemático que foi adquirido na sala de aula mudará sua realidade e como ele poderá influenciar no cidadão que ele está se tornando.

A Etnomatemática reconhece práticas matemáticas de diferentes grupos culturais, opondo-se à imposição da matemática acadêmica eurocêntrica como a única válida e existente (D'AMBRÓSIO, 2005). O autor apresenta uma nova forma de ver e fazer Matemática: adaptar à realidade vivida pelo aluno pode transformar a aprendizagem de algo enfadonho e sem sentido, para algo prazeroso e significativo.

Freire (1987, 1996) propõe uma educação problematizadora que desenvolve consciência crítica, opondo-se à educação bancária, que trata estudantes como receptores passivos, e passa a lhes dar capacidade de questionar a realidade, perceber contradições e atuar para a transformação social. Conforme Freire (1996), a capacidade do aluno de questionar e transformar a sociedade lhe confere um pensamento crítico para agir no mundo ao seu redor.

Em consonância com esses autores, pode-se perceber que a Educação Matemática envolve muito mais competências do que se tem utilizado nas salas de aula, atualmente. Formar alunos para se tornarem cidadãos que terão um senso crítico, que lhes capacita a refletir e entender o porquê das coisas, baseando-se em seus conhecimentos adquiridos, a fim de evitar a tomada de decisões precipitadas.

É importante ressaltar que a tecnologia, em particular a IA na Educação

Matemática, quando não avaliada criticamente, pode acabar sendo mais um reprodutor tecnicista do conhecimento e não um instrumento formador. Selwyn (2017) argumenta que tecnologias não são neutras, elas incorporam valores, interesses e relações de poder de quem as desenvolve e controla.

Embora muitas dessas ferramentas sejam auxiliares na educação, é necessário que o professor, quando utilizá-las, ocupe o papel de mediador crítico, capaz de ajudar na promoção do letramento matemático crítico, que torna o aluno independente e capaz de tomar decisões importantes em contextos diversos.

Barros e Abreu (2024) identificaram que pesquisas brasileiras sobre IA na Educação Matemática concentram-se em aspectos técnicos e funcionais, com baixa discussão sobre dimensões éticas e políticas. Isso evidencia a hegemonia tecnicista, que propaga a eficiência e otimização de dados e de produção, frente a habilidades socioemocionais e críticas, que são capazes de ajudar e formar o aluno no desenvolvimento do letramento matemático.

Diante disso, é necessário o questionamento: A IA está a serviço de quem? Do aluno, para sua aprendizagem, para a sociedade, em diversos contextos; ou dela mesma, para criar uma geração tecnicista e dependente tecnológica e algorítmica dela. É necessária a virada crítica no campo, pois só quando sobrepor aos aspectos iniciais e focar nos resultados a médio e longo prazo, poderá se obter respostas para como a IA está modificando a vida e a educação de tantas pessoas.

Frente aos dados apresentados e às discussões desenvolvidas nos parágrafos anteriores, ainda não se conhece de forma consolidada os benefícios (ou eventuais malefícios) do uso da IA na Educação Matemática. Após a caracterização dos estudos quanto a aspectos metodológicos, conceituais, ferramentas e perspectivas teóricas, a análise se voltará agora para as potencialidades e desafios identificados pelos pesquisadores ao investigarem a IA na Educação Matemática.

#### **4.5.1 Potencialidades e desafios**

Nesta seção de resultados e discussões desta revisão sistemática, abordam-se as potencialidades e os desafios encontrados no *corpus* final dos 44 estudos incluídos. Ressaltando-se os benefícios e as limitações apontados na literatura recente sobre IA na Educação Matemática.

Contudo, ainda é persistente a dificuldade de realizar comparações com

pesquisas anteriores, uma vez que o campo ainda é bastante recente e as investigações estão em fase inicial de consolidação.

#### 4.5.1.1 Síntese dos Benefícios

A análise da síntese dos benefícios revela a predominância da personalização de aprendizagem, citada em 22 estudos (50%), seguida por *feedback* imediato e apoio ao professor, com 11 estudos cada (25%), inclusão educacional, com 6 estudos (13,6%), aprendizagem adaptativa e melhoria do desempenho, com 3 estudos cada (6,8%), desenvolvimento da autonomia, com 2 estudos (4,5%), e finalizando com engajamento/motivação, com 1 estudo; conforme o Quadro 13, a seguir.

Vale destacar que vários estudos abordam mais de um benefício em seu desenvolvimento, como é o caso de revisões sistemáticas, bibliométricas, alguns estudos teóricos e artigos de períodos, por isso a soma total passa de 100% no quadro abaixo. O Quadro 13 apresenta sinteticamente os percentuais da síntese dos benefícios.

**Quadro 13 – Síntese dos benefícios**

Potencialidade	Frequência	%
Personalização da aprendizagem	22	50%
Feedback imediato	11	25%
Apoio ao professor	11	25%
Inclusão educacional	6	13,6%
Aprendizagem adaptativa	3	6,8%
Melhoria do desempenho	3	6,8%
Desenvolvimento da autonomia	2	4,5%
Engajamento/motivação	1	2,3%

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

Diante do quadro, a personalização da aprendizagem (50%), *feedback* imediato e apoio ao professor (ambos com 25%) despontam como os principais benefícios do uso da IA na Educação Matemática. É importante ressaltar que melhoria do desempenho (4,5%) e engajamento/motivação (2,3%) ficaram nas últimas colocações, o que é alarmante, principalmente por serem benefícios que estão intimamente ligados ao letramento matemático crítico.

Holmes, Bialik e Fadel (2019) destacam personalização como principal benefício da IA na Educação, permitindo adaptar conteúdos, ritmos e estratégias às necessidades individuais de cada estudante, otimizando o tempo de estudo e sanando dúvidas de forma imediata. Sendo assim, ela consegue ser um auxílio importante para os alunos nos seus estudos extraclasse, desde que seja feito de modo ético e crítico,

sem dependência ou cola tecnológica.

O *feedback* imediato, por sua vez, é crucial para a aprendizagem matemática, permitindo correção de erros antes que se consolidem e ajustando estratégias em tempo real (HATTIE; TIMPERLEY, 2007). O benefício é significativo, pois em muitos momentos, a IA pode figurar como tutor para os estudantes fora da sala de aula, porque está disponível 24/7 e se regula de acordo com cada aluno, utilizando intimamente a personalização individual, discutida no parágrafo anterior.

Já as plataformas adaptativas oferecem *dashboards* com análises, que permitem professores identificar rapidamente dificuldades específicas de estudantes (LUCKIN *et al.* 2016). Elas estão cada dia mais avançadas, inclusive muitas delas já possuem ambiente dedicado ao docente e a gestores para monitoramento de progressos individuais dos alunos. O elo entre as plataformas e os professores é extremamente benéfico e pode ajudar muito no processo de ensino e aprendizagem, devido a gerarem relatórios e auxiliarem na abordagem dos docentes.

Tecnologias assistivas baseadas em IA, como reconhecimento de voz e conversão texto-fala, ampliam a acessibilidade para estudantes com deficiências visuais, auditivas ou motoras (HOLMES; BIALIK; FADEL, 2019). Cada dia mais é comum a inclusão de alunos com deficiência ou com dificuldades de aprendizagem nas salas de aula do Brasil e do mundo. Inclusive, dentre os 44 trabalhos incluídos no *corpus* final, 2 chamam atenção por serem baseados em tecnologias assistivas, um nacional e outro internacional, evidenciando a importância desse tipo de ferramenta de IA.

Awang *et al.* (2025) identificam que promessas sobre potencialidades de IA, frequentemente, baseiam-se em estudos pontuais, faltando evidências longitudinais que comprovem ganhos sustentáveis. Sendo assim, a importância de estudos, principalmente dentro das salas de aula, pode auxiliar no estudo das potencialidades se firmarem em benefícios de curto, médio ou longo prazo, dependendo da mediação do professor e da forma que a IA foi integrada na Educação Matemática.

Borba, Silva e Gadanidis (2020) alertam que potencialidades de tecnologias digitais dependem de acesso equitativo a dispositivos, internet e letramento digital, fatores desigualmente distribuídos. Os aspectos descritos pelos autores corroboram com achados anteriores e discutidos nesta revisão. A desigualdade digital enfrentada por escolas acarreta um diferente acesso às tecnologias, principalmente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento, nos quais os fomentos para a educação são

escassos e quando existem, a qualidade é ineficiente para abranger a todos.

Contudo, destaca-se que esta revisão não condena o uso de IA na Educação Matemática e no desenvolvimento do letramento matemático. Pelo contrário, busca retratar a realidade atual e os riscos associados, dada a novidade do campo e a insuficiência de estudos robustos para ancorar evidências comparativas e consolidadas sobre esses benefícios.

#### 4.5.2 Síntese das limitações

A análise da síntese das limitações revela a predominância da formação docente insuficiente, citada em 15 estudos (34,1%), seguida por questões éticas (privacidade, viés), com 14 estudos (31,8%), desigualdade de acesso/infraestrutura, dependência tecnológica e erros/imprecisões da IA, todos com 11 estudos cada (25%), custos elevados, com 4 estudos e finalizando com necessidade de mediação docente, com 3 estudos (6,8%), conforme o Quadro 14, a seguir.

Destaca-se que vários estudos abordam mais de um benefício em seu desenvolvimento, como é o caso de revisões sistemáticas, bibliométricas, alguns estudos teóricos e artigos de períodos, por isso a soma total passa de 100% no quadro abaixo. O Quadro 14 mostra resumidamente os percentuais da síntese das limitações.

**Quadro 14 – Síntese das limitações**

<b>Desafio/Limitação</b>	<b>Frequência</b>	<b>%</b>
Formação docente insuficiente	15	34,1%
Questões éticas (privacidade, viés)	14	31,8%
Desigualdade de acesso/infraestrutura	11	25%
Dependência tecnológica	11	25%
Erros/imprecisões da IA	11	25%
Custos elevados	4	9,1%
Necessidade de mediação docente	3	6,8%

Fonte: Elaborado pela Autora (2026)

Logo, segundo o quadro, a formação docente insuficiente (34,1%), questões éticas (privacidade, viés) (31,8%), desigualdade de acesso/infraestrutura, dependência tecnológica e erros/imprecisões da IA (todos com 25%), despontam como as principais limitações do uso da IA na Educação Matemática.

É importante salientar que custos elevados (9,1%) e necessidade de mediação docente (6,8%) ficaram nos últimos lugares e estão intimamente ligadas com os achados anteriores na lista, o que reforça como as limitações existem e são mais agravadas, principalmente, pela formação docente e infraestrutura.

Holmes, Bialik e Fadel (2019) identificam formação docente como desafio central para a integração de IA na educação, pois os professores precisam compreender potencialidades, limitações e implicações éticas dessas tecnologias. Quando o professor não consegue ou não tem formação suficiente para implementar ferramentas para sua prática pedagógica, acaba se tornando refém das tecnologias que não compreendem, o que dificulta a integração dessas ferramentas em suas práticas pedagógicas.

Em consonância com os autores, Luckin *et al.* (2016) argumentam que professores necessitam de uma alfabetização em IA, para compreender como algoritmos funcionam, que dados coletam e como decisões automatizadas são tomadas. Por isso é importante que os professores estejam sempre se aperfeiçoando e procurando meios de ter a sua formação continuada ativa e que lhe ajude a fomentar recursos para a sala de aula.

Noble (2018) demonstra que algoritmos que reproduzem e amplificam vieses sociais (racistas, de gênero, classe) presentes nos dados de treinamento, perpetuando discriminações. A Inteligência Artificial, em especial a IA generativa, é implementada a partir de dados que as alimentam. Quando utilizadas de forma equivocada, podem acentuar mais ainda esses vieses, por isso são necessárias a mediações docentes e o uso de prompts, que lhes digam qual tom deve ser utilizado durante o seu uso.

Algoritmos educacionais podem atuar como armas de destruição matemática, classificando e rotulando estudantes de forma opaca e irreversível (O'NEIL, 2016). D'Ambrósio (2005) destaca que, embora a Matemática seja frequentemente vista como uma ciência exata, rígida e puramente racional, ela se baseia, na verdade, em criatividade, intuição e na capacidade de fazer conexões que não são óbvias à primeira vista. Essas dimensões criativas são essenciais para o desenvolvimento integral dos estudantes.

Borba, Silva e Gadanidis (2020) alertam que potencialidades de tecnologias digitais dependem de condições de infraestrutura (eletricidade, conectividade, dispositivos) desigualmente distribuídas no Brasil. Apesar de muitas políticas públicas hoje serem voltadas para a infraestrutura das escolas, grande parte delas ainda não possuem laboratórios de informática, conectividade de qualidade e nem formação dos professores e alunos para que usufruam corretamente dessas tecnologias, o que intensifica mais ainda essa desigualdade.

D'Ambrósio (2005) alerta que tecnologias, quando não democraticamente acessíveis, perpetuam a colonialidade e a marginalização de grupos historicamente excluídos. A educação deve ser vista como libertadora, emancipatória e capaz de desenvolver cidadãos críticos, como é o objetivo do letramento matemático. Quando se perpetuam vieses de desigualdades, a educação não cumpre o seu papel, tornando os privilegiados mais privilegiados e os excluídos mais excluídos, intensificando o não ingresso dos alunos em sua formação além da Educação Básica.

A apresentação e discussão dos resultados permitiram caracterizar o *corpus* quanto a aspectos metodológicos, conceituais, ferramentas, perspectivas técnicas, potencialidades e desafios. Os achados responderam aos objetivos específicos que foram propostos, oferecendo uma base empírica para responder à questão norteadora desta revisão.

#### 4.6 DISCUSSÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL – APLICATIVO EDUCACIONAL

Diante das lacunas identificadas e discutidas neste trabalho, foi elaborado um aplicativo educacional, denominado Dona CELMA, que fosse capaz de amenizá-las. Dona CELMA foi desenvolvida como uma ferramenta que auxilia na promoção do letramento matemático e está à disposição de todos os usuários que desejam aprender Matemática. A aprendizagem se dá de forma clara, direta e objetiva, tentando superar a lógica tecnicista, que está imperando no uso da IA na Matemática.

O aplicativo educacional segue um prompt estruturado em 11 princípios lógicos e pode ser executado em LLMs. Fundamentado pedagogicamente e funcionando como um mediador, pode-se dizer que possui: definição explícita de letramento matemático, contextualização, *feedback* formativo e microchecagens constantes. Dona CELMA está disponível no Apêndice A deste trabalho, com sua apresentação, objetivos, algumas discussões e o prompt completo para aplicações.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo teve como objetivo geral investigar algumas contribuições da Inteligência Artificial (IA) para o desenvolvimento do letramento matemático na Educação Básica. No que tange ao objetivo de levantar e selecionar produções científicas que abordem a relação entre letramento matemático e IA na Educação Básica, analisou-se 44 estudos, publicados entre 2020 e 2025. Os idiomas escolhidos foram português, inglês e espanhol, e as bases Google Scholar, SciELO, BDTD e ERIC, que foram necessários para montar um panorama das principais potencialidade, desafios e lacunas críticas.

A escolha da abordagem qualitativa possibilitou uma visão adequada em relação aos dados coletados e suas análises, mediante ao estudo sistêmico com o protocolo PRISMA (2020). Pois, busca compreender de forma interpretativa fenômenos complexos por intermédio de significados e contextos, sendo a melhor que se ajusta para investigar campos emergentes.

A pesquisa emergiu de um contexto que demandou reflexões acerca dos dados apontados pelo PISA 2022, os quais revelam que 73% dos estudantes brasileiros não alcançaram nível básico de proficiência matemática, evidenciando a urgência de estratégias pedagógicas efetivas para desenvolvimento do letramento matemático (OCDE, 2023).

Enfatiza-se que o letramento matemático é uma importante competência no século XXI, essencial para a formação do estudante cidadão. Por isso, é urgente o estudo dessa competência, que é definida pela BNCC (2018) como capacidade de raciocinar, representar, comunicar e argumentar matematicamente em diversos contextos, e que é tão importante. Atrelado a esses dados, tem-se que 68% dos estudantes brasileiros fazem uso da Inteligência Artificial como auxiliar de tarefas escolares, frequentemente sem mediação pedagógica.

Após a análise, os principais resultados encontrados foram: 84,1% dos estudos estão entre 2024-2025, crescimento validado por Nguyen (2025), que identificou o crescimento exponencial pós-2023. Esse período coincide com a disseminação do ChatGPT, ferramenta mais utilizada, com 54,5%, especificamente no que se refere ao objetivo de mapear os recursos/plataformas de IA e aplicativos de resolução de problemas no ensino de Matemática, identificados na literatura.

Observou-se que 97,7% dos estudos não definem letramento matemático,

apesar da expansão dos dados quantitativos, não é observada uma profundidade nos estudos. Esse fato acaba impossibilitando a avaliação do uso da IA na Educação Matemática, trazendo reflexões sobre benefícios ou implementação de habilidades procedimentais.

Quanto à perspectiva crítica/emancipatória adotadas por Freire, Skovsmose e D'Ambrósio, 95,5% dos estudos não as têm, tornando o uso da IA com um viés tecnicista, que prioriza eficiência, personalização algorítmica e otimização. Questionamentos como para que, para quem e a serviço de quais interesses a IA está sendo usada estão cada vez mais comuns.

Quanto ao objetivo de analisar as plataformas digitais de IA na promoção do letramento matemático, constatou-se que, em relação às competências, resolução de problemas (68,2%) desponta como a mais encontrada nos estudos, em detrimento dela estão formulação criativa (15,9%), comunicação matemática e criatividade (ambas com 6,8%), estas últimas essenciais para o pleno desenvolvimento do letramento matemático. A falta de integração dessas competências para serem incrementadas, simultaneamente, faz com que o foco procedimental fique evidenciado.

Quanto ao objetivo de identificar as contribuições, limitações e desafios pedagógicos do uso de IA para o letramento matemático, os principais achados de potencialidades foram: personalização (50%), *feedback* imediato (25%), apoio docente (25%) e inclusão (13,6%). Quanto às limitações, temos: formação docente insuficiente (34,1%), questões éticas (31,8%), desigualdade de acesso e dependência tecnológica (ambas com 25%).

Sendo assim, observa-se um grande potencial de contribuição da IA para o letramento matemático. Para isso, é necessário que a formação docente crítica, o acesso equitativo, a mediação pedagógica emancipatória e os questionamentos sistemáticos sobre as finalidades e interesses dessa contribuição possam existir e estejam bem definidos.

Diante disso, a questão norteadora deste estudo foi: De que forma as ferramentas baseadas em IA podem contribuir para o desenvolvimento do letramento matemático dos estudantes da Educação Básica? Para essa indagação, os estudos apontaram: (a) a existência de potenciais, como a personalização, *feedback* imediato, apoio docente e inclusão; (b) a existência de limitações, como a formação docente insuficiente, questões éticas, desigualdade de acesso e dependência tecnológica;

conforme evidenciados ao longo deste estudo. Nota-se, que apesar das potencialidades e limitações existirem, a resposta para a questão norteadora ainda depende de estudos futuros para a consolidação do campo.

Em vista disso, o objetivo de formular um prompt referente à IA que possibilite a mobilização de conteúdos matemáticos com foco no Letramento Matemático, denominado Dona CELMA (Com Ensino e Letramento MAtemático), como um aplicativo educacional digital baseado nos achados identificados nos estudos. Dona CELMA configura-se como uma alternativa pedagógica futura, para mediação entre usuários e ferramentas de IA integrando as definições do letramento matemático e as perspectivas aqui discutidas.

O aplicativo educacional Dona CELMA ainda não foi aplicado nem validado empiricamente. O seu desenvolvimento foi limitado apenas para desenvolvimento conceitual, tentando sanar as lacunas encontradas.

À vista disso, os estudos futuros devem priorizar pesquisas a longo prazo, balanceando o efeito novidade dos ganhos reais e duradouros para a educação. Outro ponto é a observância em perspectivas críticas/emancipatórias (Freire, Skovsmose e D'Ambrósio) com foco em transformação social e redução de desigualdades. As investigações precisam contemplar contextos marginalizados (baixa renda, países em desenvolvimento ou subdesenvolvidos, comunidades indígenas e quilombolas).

As pesquisas devem integrar referenciais críticos, questionando regularmente: IA para quê? (eficiência ou transformação?); Para quem? (privilégio ou para todos?); A serviço de quais interesses? (*big techs*, mercado no geral ou emancipação?). Sem esses questionamentos, a IA continuará sendo um instrumento de reprodução e treino para habilidades tecnicistas, e não de letramento matemático crítico.

Portanto, esta revisão sistemática mostra que a Inteligência Artificial, apesar de apresentar um grande potencial para personalização, *feedback* e inclusão, não pode e nem deve ser vista como uma solução mágica para a crise do letramento matemático. Sua contribuição depende de inúmeras condições estruturais, epistemológicas e políticas, que devem andar em conjunto para construir um uso ético e crítico dessas tecnologias. Sem uma mudança em sua visão, ela não passará de um entusiasmo tecnológico, incapaz de promover a emancipação matemática.

É importante ressaltar que a pesquisa não deverá ficar apenas nesta revisão. Para estudos futuros, pensa-se na aplicação de Dona CELMA em relação às lacunas aqui observadas. Outro ponto importante é a Educação Infantil, pois foi o nível

educacional que ficou totalmente ausente em detrimento de todos os outros. Em vista disso, trabalhos devem ser desenvolvidos nesta perspectiva, pois acredita-se na implementação do letramento matemático, juntamente com a alfabetização matemática neste nível, fazendo com que os estudantes se aperfeiçoem cada dia mais.

O desafio aqui descrito não é se deve-se ou não usar a IA, mas como usá-la a serviço do letramento matemático, para que forneça aos estudantes o poder de compreender, questionar e transformar as realidades matematizadas, e, futuramente, torná-los cidadãos éticos, críticos, lúcidos; e que saibam tomar decisões mais pertinentes para a sociedade conjunta, e não só para seus interesses ou suposições.

## REFERÊNCIAS

- ALBERTONI, Neumar Regiane Machado et al. **Inteligência artificial e raciocínio matemático: potenciais articulações e perspectivas na educação matemática. Com a Palavra, o Professor**, Vitória da Conquista, v. 9, n. 25, p. 1-20, set./dez. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.23864/cpp.v9i25.1069>>.
- ALBUQUERQUE, Eliana Borges Correia de. Conceituando alfabetização e letramento. In: SANTOS, Carmi Ferraz; MENDONÇA, Márcia (Org.). **Alfabetização e letramento: conceitos e relações**. Belo Horizonte: Autêntica, 2007. p. 11-22.
- ANTHROPIC. **Claude 3.5 Sonnet**. San Francisco: Anthropic, 2024. Disponível em: <https://www.anthropic.com/news/claude-3-5-sonnet>. Acesso em: 17 dez. 2025.
- ANTHROPIC. **Introducing Claude**. San Francisco: Anthropic, 2023. Disponível em: <https://www.anthropic.com/claude>. Acesso em: 17 dez. 2025.
- ARSLAN, Çiğdem; SELEK, Hatice Kübra Güler. Artificial intelligence in mathematics education: ChatGPT's capabilities and limitations in problem posing. **International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology**, [s.l.], v. 13, n. 5, p. 1189-1205, 2025. Disponível em: <<https://ijemst.com/index.php/ijemst/article/view/5712>>.
- AWANG, Liz A.; YUSOP, Farrah D.; DANAE, Mahmoud. Current practices and future direction of artificial intelligence in mathematics education: a systematic review. **International Electronic Journal of Mathematics Education**, [s.l.], v. 20, n. 2, em0823, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.29333/iejme/16006>>.
- AZEVEDO, Greiton Toledo de. Resolução de problemas envolvendo escalas lineares, superficiais e volumétricas: inteligência artificial e pensamento computacional. **Ensino e Pesquisa em Educação Matemática**, [s.l.], v. 17, n. 2, p. 138-149, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.17921/2176-5634.2024v17n2p138-149>>.
- BAI, Yuntao et al. **Constitutional AI: harmlessness from AI feedback**. arXiv preprint arXiv:2212.08073, 2022. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2212.08073>. Acesso em: 17 dez. 2025.
- BAIDOO-ANU, D.; ANSAH, L. O. Education in the era of generative artificial intelligence (AI): understanding the potential benefits of ChatGPT in promoting teaching and learning. **Journal of AI**, v. 7, n. 1, p. 52-62, 2023.
- BARBOZA, Delma A. S.; CATABRIGA, Lucia; CURY, Davidson. TEA HelpBot – avaliação de um assistente pedagógico conversacional no ensino de matemática para estudantes autistas das séries finais do ensino fundamental. **Revista Novas Tecnologias na Educação (RENOTE)** Porto Alegre, v. 22, n. 3, dez. 2024. Disponível em:

<<https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/144984>>.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARROS, José Emanuel Felipe; ABREU, Jair Dias de. **Inteligência artificial na educação matemática: o que vem sendo pesquisado**. Com a Palavra, o Professor, Vitória da Conquista, v. 9, n. 25, p. 1-17, set./dez. 2024. Disponível em: <<http://revista.geem.mat.br/index.php/PPP/article/view/1092>>.

BOGDAN, Robert C.; BIKLEN, Sari Knopp. **Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994.

BORBA, M. C.; SILVA, R. S. R.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento**. Nova ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2020. ISBN 978-85-513-0673-4.

**BORBA, M. C.; SILVA, R. S. R.; GADANIDIS, G.** Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática: sala de aula e internet em movimento. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2020.

BORBA, Marcelo C.; PENTEADO, Miriam Godoy. **Informática e educação matemática**. 5. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2017.

BORBA, Marcelo C.; SCUCUGLIA, Ricardo Scucuglia Rodrigues da; GADANIDIS, George. **Fases das tecnologias digitais em educação matemática: sala de aula e internet em movimento**. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

BORBA, Marcelo C.; VILLARREAL, Mônica E. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization**. New York: Springer, 2005.

BORBA, Marcelo de Carvalho; BALBINO JUNIOR, Valci Rodrigues. O ChatGPT e educação matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 142-156, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.23925/1983-3156.2023v25i3p142-156>>.

BORGES, Francisléia dos Santos. Uso da inteligência artificial na educação matemática. *Vistacien - Revista Científica Multidisciplinar*, [s.l.], v. 1, n. 1, p. 61-80, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.5281/zenodo.8274279>>.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2018.

BROWN, T. et al. **Language models are few-shot learners**. *Advances in Neural Information Processing Systems*, v. 33, p. 1877-1901, 2020.

BROWN, T. et al. **Language models are few-shot learners**. In: LAROCHELLE, H. et al. (Eds.). *Advances in Neural Information Processing Systems 33 (NeurIPS*

2020). [S.l.]: Curran Associates, Inc., 2020. p. 1877-1901. Disponível em: . Acesso em: 26 fev. 2026.

CÁRDENAS LÓPEZ, Susana Margoth et al. Inteligencia artificial razonamiento lógico matemático educación básica. **ASCE Magazine**, [s.l.], v. 4, n. 2, p. 121-144, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.70577/ASCE/121.144/2025>>.

CENTRO REGIONAL DE ESTUDOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA SOCIEDADE DA INFORMAÇÃO (CETIC.br). **Pesquisa TIC Educação 2023**. São Paulo: Cetic.br, 2024. Disponível em: <https://cetic.br/pt/tics/educacao/2023/>. Acesso em: 26 nov. 2025.

CHAVES, Francisco Rodrigues. **Impactos e adaptações da inteligência artificial no ensino da matemática no ensino fundamental. 2024**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Área) – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, [s.l.], 2024. Disponível em: <<http://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/1425>>.

CHEGG, Inc. **Chegg acquires Mathway to expand its math offerings globally**. Santa Clara, CA: Chegg, 2020. Disponível em: <https://investor.chegg.com/Press-Releases/press-release-details/2020/Chegg-Acquires-Mathway-to-Expand-Its-Math-Offerings-Globally/default.aspx>. Acesso em: 19 dez. 2025.

DATAFOLHA. **Uso de inteligência artificial por estudantes brasileiros**. São Paulo: Datafolha, 2024.

DAULAY, Leni Agustina et al. Bibliometric study on research trends in artificial intelligence and mathematics education. **Alifmatika: Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Matematika**, [s.l.], [v. não informado], [n. não informado], [p. não informado], 2025. Disponível em: <[https://journal.ibrahimy.ac.id/index.php/Alifmatika/article/view/7031?articlesBySimilarityPa ge=7](https://journal.ibrahimy.ac.id/index.php/Alifmatika/article/view/7031?articlesBySimilarityPa%20ge=7)>.

DIAS, Ana Isabel de A. S.; BOHRER, Ariana S.; PINTO, Sérgio Crespo C. S. **Chatbots na educação matemática: um mapeamento sistemático de 2018 a 2023**. In: WORKSHOP EAD E ENSINO HÍBRIDO, [s.d.], Niterói. Anais [...]. Niterói: Universidade Federal Fluminense, 2023. Disponível em: <<https://sol.sbc.org.br/index.php/weadeh/article/view/26423>>.

DUVAL, R. **Semiósis e pensamento humano: registros semióticos e aprendizagens intelectuais**. Trad. de Lênio Fernandes Levy e Marisa Rosâni Abreu da Silveira. São Paulo: Livraria da Física, 2009. ISBN 978-85-7861-035-7.

D'AMBRÓSIO, U. **Etnomatemática: elo entre as tradições e a modernidade**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2005.

ESTRADA TANGARIFE, Luis Eduardo. **El impacto de la inteligencia artificial en la enseñanza de las matemáticas en la educación básica secundaria: una revisión crítica**. 2024. 65 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências Exatas e Naturais) – Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2024. Disponível em: <<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/86594>>.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FREIRE, Paulo. **A importância do ato de ler: em três artigos que se completam**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 1989.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GALVÃO, Taís Freire; RICARTE, Ivan Luiz Marques. Revisão sistemática da literatura: conceituação, produção e publicação. **Logeion: Filosofia da Informação**, v. 6, n. 1, p. 57- 73, 2019.

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

GOMES, Josiane Marques; BERNARDI, Luci dos Santos. Alfabetização e letramento matemático: falando da matemática. **Revista Paranaense de Educação Matemática**, Campo Mourão, v. 11, n. 26, p. 66-82, 2022. DOI: <https://doi.org/10.33871/22385800.2022.11.26.66-82>.

GOODFELLOW, I.; BENGIO, Y.; COURVILLE, A. **Deep Learning**. Cambridge: MIT Press, 2016.

GOOGLE DEEPMIND. **Gemini: a family of highly capable multimodal models**. arXiv preprint arXiv:2312.11805, 2023. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2312.11805>. Acesso em: 19 dez. 2025.

GOOGLE. **Gemini 1.5: unlocking multimodal understanding across millions of tokens of context**. Mountain View: Google, 2024. Disponível em: <https://blog.google/technology/ai/google-gemini-next-generation-model-february-2024/>. Acesso em: 19 dez. 2025.

GOOGLE. **Introducing Gemini: our largest and most capable AI model**. Mountain View: Google, 2023. Disponível em: <https://blog.google/technology/ai/google-gemini-ai/>. Acesso em: 19 dez. 2025.

GULER, Nezihe Korkmaz et al. An artificial intelligence application in mathematics education: evaluating ChatGPT's academic achievement in a mathematics exam. **Pedagogical Research**, [s.l.], v. 9, n. 2, em0188, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.29333/pr/14145>>.

HATTIE, J.; TIMPERLEY, H. **The power of feedback**. Review of Educational Research, v. 77, n. 1, p. 81-112, 2007.

HOHENWARTER, M.; PREINER, J. Dynamic mathematics with GeoGebra. **The Journal of Online Mathematics and its Applications**, v. 7, ID 1448, 2007. Disponível em: ou link equivalente. Acesso em: 26 fev. 2026.

HOLMAN, Kenneth et al. Artificial intelligence interventions in mathematics education: a systematic literature review. **Insights into Learning Disabilities**, [s.l.], v. 22, n. 1, p. 65-91, 2025. Disponível em: <<https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1481890.pdf>>.

HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. **Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning**. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019. ISBN 978-1-794-29370-0. Acesso em: 26 fev. 2026.

HOLMES, W.; BIALIK, M.; FADEL, C. **Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning**. Boston: Center for Curriculum Redesign, 2019.

HU, Krystal. **ChatGPT sets record for fastest-growing user base**. Reuters, 2 fev. 2023. Disponível em: <https://www.reuters.com/technology/chatgpt-sets-record-fastest-growing-user-base-analyst-note-2023-02-01/>. Acesso em: 17 dez. 2025.

KASNECI, E. et al. ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. **Learning and Individual Differences**, v. 103, 102274, 2023.

KULIK, J. A.; FLETCHER, J. D. Effectiveness of intelligent tutoring systems: a meta-analytic review. **Review of Educational Research**, v. 86, n. 1, p. 42-78, 2016.

KHAN ACADEMY. **About Khan Academy. Mountain View: Khan Academy**, 2023. Disponível em: <https://www.khanacademy.org/about>. Acesso em: 15 dez. 2025.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Fundamentos de metodologia científica*. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LIMA, Juan Carlos Santillán et al. Integración de las nuevas tecnologías basadas en inteligencia artificial para la enseñanza de las matemáticas. *Revista de la Universidad del Sur*, [s.l.], [v. não informado], [n. não informado], [p. não informado], 2024. Disponível em: <<https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/4761/4747>>.

LUCKIN, R. et al. **Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education**. London: Pearson, 2016.

LUCKIN, R. et al. **Intelligence Unleashed: An argument for AI in Education**. London: Pearson, 2016.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. 2. ed. Rio de Janeiro: E.P.U., 2020.

LUNA FOX, Sting Brayan; PAREDES ROSADO, Karla Andrea. Aprendizaje personalizado en educación matemática mediante IA: de la teoría a la práctica. **Journal of Multidisciplinary Novel Journeys & Explorations**, [s.l.], v. 2, n. 1, [p. não informado], 2024. Disponível em: <<https://sagespherejournal.com/index.php/JMNJE/article/view/55>>.

LUZANO, Jay Fie Paler. New frontier in mathematics education: a review of emerging trends and critical issues on artificial intelligence. **International Journal of Technology in Education**, [s.l.], v. 8, n. 1, p. 208-219, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.46328/ijte.1028>>.

MARQUES, Thaiana Martins; SANT'ANA, Claudinei de Camargo. **A inteligência artificial como recurso para o ensino de matemática: comparativo entre ChatGPT e Gemini**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA (SIPEM), 9., 2024, Natal. *Anais [...]*. Natal: SBEM, 2024. Disponível em: <<https://www.sbembrasil.org.br/eventos/index.php/sipem/article/view/387>>.

MATHWAY. **About Mathway**. Chegg Inc., 2023. Disponível em: <https://www.mathway.com/about>. Acesso em: 19 dez. 2025.

MINAYO, Maria Cecília de Souza (Org.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. 21. ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

MOHAMED, Mohamed Zuhilmi bin et al. Artificial intelligence in mathematics education: a systematic literature review. **International Electronic Journal of Mathematics Education**, [s.l.], v. 17, n. 3, em0694, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.29333/iejme/12132>>.

MORAES, Romis de Sousa. **ChatGPT como um recurso no processo de ensino e aprendizagem da matemática**. 2024. 71 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional - PROFMAT) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2024. Disponível em:

MCCARTHY, John et al. A proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. **AI Magazine**, v. 27, n. 4, p. 12-14, 2006 (reimpressão do original de 1955).

MCCARTHY, John. **What is artificial intelligence?** Stanford University, 2007. Disponível em: <https://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2025.  
<<https://repositorio.uft.edu.br/bitstream/11612/7289/1/Romis%20de%20Sousa%20Moraes%20-%20Disserta%c3%a7%c3%a3o.pdf>>.

NGUYEN, Da Tien. Artificial intelligence (AI) in mathematics education: bibliometric analysis for the period 2020-2025. **International Electronic Journal of Mathematics Education**, [s.l.], v. 20, n. 4, em0857, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.29333/iejme/17182>>.

NGUYEN, Da Tien; PHAM, Quy Van. The evolving landscape of AI integration in

mathematics education: a systematic review of trends (2015-2025). **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, [s.l.], v. 21, n. 10, em2714, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.29333/ejmste/17078>>.

NTI-ASANTE, Emmanuel. Engaging students in making artificial intelligence tools for mathematics education: an iterative design approach. **Journal of Mathematics Education**, [s.l.], [v. não informado], [n. não informado], [p. não informado], 2024. Disponível em: <<https://journalofmathed.scholasticahq.com/article/128024-engaging-students-in-making-artificial-intelligence-tools-for-mathematics-education-an-iterative-design-approach>>.

OCDE. **PISA 2022 results**. Paris: OECD Publishing, 2022. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/publications/pisa-2022-results.htm>. Acesso em: 17 nov. 2025.

OLIVEIRA, Rodrigo Marcelo; SILVA, Marcos Ruiz da. O uso da inteligência artificial no ensino da matemática. **Interfaces da Educação**, Paranaíba, v. 14, n. 41, p. 320-343, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.26514/inter.v14i41.6883>>.

OLIVEIRA, Saulo Macedo de; PACHECO, Angelica Aparecida. O que revelam pesquisas recentes sobre as potencialidades e aplicabilidades da inteligência artificial para o ensino e aprendizagem da matemática na educação básica? **Revista Multifaces**, Montes Claros, v. 7, n. 2, p. 1-11, 2025. Disponível em: <<https://multifaces.ifnmg.edu.br/>>.

O'NEIL, C. **Weapons of math destruction: how big data increases inequality and threatens democracy**. New York: Crown, 2016.

OPENAI. **Introducing ChatGPT**. San Francisco: OpenAI, 2022. Disponível em: OUYANG, Long et al. Training language models to follow instructions with human feedback. *Advances in Neural Information Processing Systems*, v. 35, p. 27730-27744, 2022.

PAGE, M. J. et al. **The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews**. *BMJ*, v. 372, n. 71, 2021.

PAGE, Matthew J. et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **BMJ**, v. 372, n. 71, 2021.

PANQUEBAN, Darlis; HUINCAHUE, Jaime. Artificial intelligence in mathematics education: a systematic review. **Uniciencia**, Heredia, v. 38, n. 1, p. 1-17, 2024. Disponível em: <<https://dx.doi.org/10.15359/ru.38-1.20>>.

PAPERT, Seymour. **Mindstorms: children, computers, and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980.

PINTO, Jessica de Sousa Coelho; GOMES, Thiago de Azevedo. **Uma revisão da literatura (2019-2025): ensino de matemática e a inteligência artificial (IA) segundo o portal periódico CAPES**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 11., 2025, [s.l.]. Anais [...]. [s.l.]: Editora Realize, 2025.

Disponível em:

<[https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2025/TRABALHO\\_COMPLETO\\_EV214\\_ID11541\\_TB4283\\_27102025194915.pdf](https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2025/TRABALHO_COMPLETO_EV214_ID11541_TB4283_27102025194915.pdf)>.

REID, Machel et al. **Gemini 1.5: unlocking multimodal understanding across millions of tokens of context**. Google Technical Report, 2024.

REIS, Vera Lúcia Geiss dos; SILVEIRA, Denise; YAMASAKI, Alzira. **Aprendendo matemática através de plataforma educacional adaptativa**. Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, 2018. (Trabalho apresentado no Eixo temático: 7. Práticas Pedagógicas e Inovação na Educação Superior).

RIZOS, Ioannis; FOYKAS, Evaggelos; GEORGAKOPOULOS, Spiros V. Enhancing mathematics education for students with special educational needs through generative AI: a case study in Greece. **Contemporary Educational Technology**, [s.l.], v. 16, n. 4, ep535, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.30935/cedtech/15487>>.

ROCHA, Katia Maria de. **Novas formas de aprendizagem: utilização da plataforma adaptativa Geekie Games**. Acopiara, CE: Cruzeiro do Sul Educacional, out. 2020. (Investigação Científica).

ROCHA, Felipe Butzke da. **Explorando a inteligência artificial na educação matemática: o uso do ChatGPT como recurso de aprendizagem em sala de aula**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/handle/10183/270528>>.

RUSSELL & NORVIG (2020): RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial: uma abordagem moderna**. 4. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2020.

RUSSELL, S.; NORVIG, P. **Inteligência Artificial: uma abordagem moderna**. 4. ed. Rio de Janeiro: GEN LTC, 2020.

SANTOS, Renan Pereira; SANT'ANA, Claudinei de Camargo; SANT'ANA, Irani Parolin. ChatGPT como recurso de apoio no ensino da matemática. **Revemop**, Ouro Preto, v. 5, e202303, p. 1-17, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.33532/revemop.e202303>>.

SANTOS, Thiago et al. **Explorando o potencial educacional do Microsoft Copilot no ensino de matemática**. In: CONGRESSO INOVAÇÃO E METODOLOGIAS NO ENSINO SUPERIOR E TECNOLÓGICO (CIM), 7., 2024, Ouro Preto. Anais [...]. Ouro Preto: UFOP, 2024. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/386136913\\_EXPLORANDO\\_O\\_POTENCIAL\\_EDUCACIONAL\\_DO\\_MICROSOFT\\_COPILOT\\_NO\\_ENSINO\\_MATEMATICA](https://www.researchgate.net/publication/386136913_EXPLORANDO_O_POTENCIAL_EDUCACIONAL_DO_MICROSOFT_COPILOT_NO_ENSINO_MATEMATICA)>.

SANTOS, Thiago. Abordagens pedagógicas com o Google Gemini no ensino de matemática. **Revista Baiana de Educação Matemática**, Salvador, v. 6, n. 1, e202505, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.47207/rbem.v6i1.19832>>.

SELWYN, N. **Education and technology: key issues and debates**. 2. ed. London: Bloomsbury Academic, 2017.

SIEMENS, G.; BAKER, R. S. **Learning analytics and educational data mining: towards communication and collaboration**. In: LAK '12: Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge, 2012. p. 252-254.

SIEMENS, George. Connectivism: a learning theory for the digital age. **International Journal of Instructional Technology and Distance Learning**, v. 2, n. 1, p. 3-10, 2005.

SILVA, A. P.; SANTOS, M. R. Uso da Khan Academy no ensino de matemática: análise de resultados em escola pública. **Revista Brasileira de Educação Matemática**, v. 14, n. 2, p. 45-62, 2021.

SILVA, Andrey Camurça da; TANAKA FILHO, Mario. **Elaboração de itens de matemática com auxílio de inteligência artificial generativa**. In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU), 10., 2024, [s.l.]. Anais [...]. [s.l.]: [Editora não informada], 2024. Disponível em: <<https://ojs.novapaideia.org/index.php/RIEP/article/view/399>>.

SILVA, Antonio Maxuel Matos; VOELZKE, Marcos Rincon. **Aprendizagem adaptativa: o uso da plataforma Khan Academy no ensino de matemática**. Fórum de Metodologias Ativas, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 1-488, jul. 2020.

SILVA, Marcelo Álvaro da. **O uso de tecnologias digitais no ensino de matemática: potencialidades e desafios no ensino fundamental**. Orientador: Claudiney Nunes de Lima. 2025. 25 f. Monografia (Licenciatura em Matemática) – Centro de Educação Aberta e a Distância, Universidade Federal de Ouro Preto, Três Marias, MG, 2025.

SKINNER, B. F. **The technology of teaching**. New York: Appleton-Century-Crofts, 1968.

SKOVSMOSE, O. **Educação Matemática Crítica: a questão da democracia**. Campinas: Papirus, 2001.

SKOVSMOSE, Ole. **Educação matemática crítica: a questão da democracia**. Campinas: Papirus, 2001.

SOARES, Magda. **Letramento e escolarização**. In: RIBEIRO, Vera Masagão (Org.). Letramento no Brasil. São Paulo: Global, 2004. p. 287-302.

SOARES, Magda. Letramento em verbete: o que é letramento? **Presença Pedagógica**, Belo Horizonte, v. 2, n. 10, p. 14-25, jul./ago. 1996.

SOARES, Magda. **Letramento: um tema em três gêneros**. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

SON, Taekwon. **Intelligent tutoring systems in mathematics education: a**

systematic literature review using the substitution, augmentation, modification, redefinition model. *Computers*, Basel, v. 13, n. 10, p. 270, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/computers13100270>>.

SONG, Xuejing; MAK, Joonkong; CHEN, Haowei. **Teachers and learners' perceptions about implementation of AI tools in elementary mathematics classes**. *SAGE Open*, [s.l.], v. 15, n. 2, p. 1-14, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/21582440251334545>>.

SOUZA, Ednilson Sergio Ramalho de. Inteligência artificial e letramento matemático: inovação pedagógica ou risco de dependência tecnológica? **Revista Contemporânea**, [s.l.], v. 5, n. 3, p. 1-21, 2025. Disponível em: <<https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/7636>>.

SOUZA, Francisco Wallisson Moreira de et al. O ensino e aprendizado matemático com inteligência artificial: uma análise de algumas ferramentas e tecnologias disponíveis. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [s.l.], v. 10, n. 7, p. 138- 154, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.51891/rease.v10i7.14913>>.

SUBROTO, Prawidi Wisnu et al. A bibliometric analysis on artificial intelligence in mathematics education. **Journal of Research and Advances in Mathematics Education**, [s.l.], v. 9, n. 1, p. 1-15, 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.23917/jramathedu.v9i1.2429>>.

STRESSER, Daiana Aparecida; GÓES, Anderson Roges Teixeira. **Aplicações de inteligência artificial na educação matemática inclusiva: lacunas e perspectivas à luz do desenho universal para aprendizagem**. In: ENCONTRO PARANAENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA INCLUSIVA, [s.d.], [s.l.]. *Anais [...]*. [s.l.]: SBEM Paraná, 2025. Disponível em: <<https://sbemparana.com/eventos/index.php/epemi/article/view/104>>.

THOMPSON, Clive. **How Khan Academy is changing the rules of education**. *Wired Magazine*, San Francisco, 15 jul. 2011. Disponível em: <https://www.wired.com/2011/07/ff-khan/>. Acesso em: 15 dez. 2025.

UNESCO. **Guidance for generative AI in education and research**. Paris: UNESCO, 2023. Disponível em: <https://www.unesco.org/en/articles/guidance-generative-ai-education-and-research>. Acesso em: 26 nov. 2025.

VALENTE, J. A. **Inovação nos processos de ensino e de aprendizagem: o papel das tecnologias digitais**. In: VALENTE, J. A.; FREIRE, F. M. P.; ARANTES, F. L. (Org.). *Tecnologia e educação: passado, presente e o que está por vir*. Campinas: NIED/UNICAMP, 2018. p. 17-41.

VALENTE, José Armando; ALMEIDA, Maria Elizabeth Bianconcini de. Uso de tecnologias digitais de informação e comunicação em práticas pedagógicas brasileiras. **Revista Ibero- Americana de Estudos em Educação**, v. 15, n. 1, p. 15-35, 2020.

VANLEHN, Kurt. The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. **Educational psychologist**, v. 46, n. 4, p. 197-221, 2011.

VASWANI, Ashish et al. **Attention is all you need**. Advances in Neural Information Processing Systems, v. 30, p. 5998-6008, 2017.

WALKINGTON, Candace. The implications of generative artificial intelligence for mathematics. **School Science and Mathematics**, [s.l.], v. 125, p. 1-10, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/ssm.18356>>.

WANG, Deliang et al. Investigating dialogic interaction in K12 online one-on-one mathematics tutoring using AI and sequence mining techniques. **Education and Information Technologies**, [s.l.], v. 30, p. 9215-9240, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10639-024-13195-9>>.

WARDAT, Y. et al. ChatGPT: a revolutionary tool for teaching and learning mathematics. **Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 20, n. 7, em2462, 2024.

YASSAKI FILHO, Julius Kahoru; BRUM, Valéria de Fátima Maciel Cardoso. O uso da inteligência artificial, modelagem matemática e resolução de problemas como potencializadores no processo de ensino e aprendizagem de matemática no sétimo ano do ensino fundamental. **Revista Aracê**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 4, p. 1-26, dez. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.56238/arev6n4-427>>.

YILDIZ, Sevda Göktepe; KÖRPEOĞLU, Seda Göktepe. Trends and insights of AI in mathematics education: a bibliometric analysis. **International Electronic Journal of Mathematics Education**, [s.l.], v. 20, n. 3, em0837, 2025. Disponível em: <<https://doi.org/10.29333/iejme/16401>>.

## GLOSSÁRIO

**Agent Mode:** Modo operacional em que a IA atua autonomamente como agente.  
**Benchmarks:** conjuntos padronizados de testes utilizados para avaliar e comparar desempenho de sistemas de IA.

**Brainstorming:** Funcionalidade de IA generativa para criação de ideias, soluções alternativas e perspectivas diversas sobre o que foi apresentado.

**Chatbots Educacionais:** Agentes conversacionais baseados em IA que interagem com estudantes.

**Code Interpreter:** Funcionalidade que permite a sistemas de IA executarem código de programação, analisarem dados e gerarem visualizações dentro da interface conversacional.

**Coding:** Capacidade de sistemas de IA gerar, interpretar ou corrigir código de programação em diversas linguagens.

**Data Analysis:** Capacidade de sistemas de IA de analisarem conjunto de dados, identificarem padrões, gerarem estatísticas e produzirem *insights* mediante técnicas computacionais.

**Deep Learning:** Subárea do Machine Learning que utiliza redes neurais artificiais com múltiplas camadas para aprender dados de forma automática.

**Deep Thinking:** Capacidade de sistemas de IA realizarem raciocínio complexo e multi-etapas, aplicável a problemas que demandam análise elaborada.

**Extended Thinking:** Modo de processamento em que a IA utiliza mais tempo para raciocínios complexos, simulando pensamento prolongado.

**Features:** Funcionalidades ou características específicas de sistemas de *software* ou modelos de IA.

**Inteligência Artificial Generativa:** Técnicas de IA capazes de criar conteúdo mediante aprendizado de padrões em grande conjunto de dados.

**Inteligência Artificial:** ramo da ciência da computação que produz máquinas inteligentes, especialmente programas de computadores, com emulação de comportamentos humanos.

**LaMDA:** Language Model for Dialogue Applications, modelo de linguagem desenvolvido pelo Google (2021) especializado em conversação natural e contextual.

**Learning Analytics:** Coleta, análise e visualização de dados educacionais para compreender e otimizar processos de ensino-aprendizagem.

**Low-end:** Configuração ou versão de menor custo, capacidade ou sofisticação de sistemas tecnológicos.

**Machine Learning:** Técnicas computacionais que permitem sistemas aprenderem padrões a partir de dados sem programação explícita.

**Math:** Conjunto de dados específicos contendo problemas matemáticos, para avaliar a capacidade de raciocínio matemático de modelos de IA.

**MMLU:** Massive Multitask Language Understanding, benchmark que avalia modelos de IA em 57 tarefas diversas, medindo compreensão ampla.

**Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLM):** são sistemas baseados em redes neurais profundas que processam e geram textos, além de compreender contexto, responder perguntas e produzir conteúdo coerente.

**PaLM 2:** Pathways Language Model 2, modelo de linguagem de grande escala desenvolvido pelo Google (2023), base tecnológica do Gemini.

**Prompt:** Instrução ou pergunta fornecida a sistemas de IA generativa para direcionar geração de respostas.

**Reconhecimento Óptico de Caracteres (OCR):** Tecnologia que converte imagens de texto em formato digital editável.

**Sistemas Adaptativos:** Plataformas educacionais que utilizam algoritmos de ML para personalização de aprendizagem.

**Sistemas Tutores Inteligentes (ITS):** são softwares educacionais que utilizam a IA para diagnóstico contínuo do conhecimento do aluno.

**State-of-the-art:** Estado da arte

**String:** Sequências de termos, operadores booleanos e descritores utilizados em bases de dados para localizar estudos relevantes em revisões sistemáticas.

**Tokens:** Unidades básicas de processamentos em modelos de linguagem.

**Web Browsing:** Capacidade de sistemas de IA acessarem internet em tempo real para buscar informações atualizadas.

**Workflows:** Sequências estruturadas de tarefas ou processos que a IA pode automatizar, coordenar ou otimizar mediante execução de múltiplas etapas integradas.

## APÊNDICE A

### PRODUTO EDUCACIONAL: APLICATIVO EDUCACIONAL DONA CELMA

#### APRESENTAÇÃO

Dona CELMA, como ela se apresenta na sua interface, é um tutor virtual baseado em IA generativa, com estruturação pedagógica intencional. Não pode ser considerada um chatbot simples, pois segue a rota educacional: faz diagnóstico, adapta o nível, questiona o aluno e propõe exercícios de acordo com o nível que o estudante se encontra e promove o seu êxito gradativamente. Não é um ITS clássico, porque não possui os módulos formais desenvolvidos na engenharia de software e nem memória persistente de aluno.

Dona CELMA é considerada uma categoria intermediária, entre o chatbot e os ITS, moderna, que está em uma crescente dentro da literatura de tecnologia educacional. Pode-se perceber que ela conversa com o aluno respeitando as suas limitações, funciona como um tutor do tipo socrático, que não dá respostas, mas instiga o aluno a tentar resolver os problemas. Além disso, ela respeita a cultura que permeia o aluno e tenta utilizá-la para promover a Educação Matemática, e um letramento matemático crítico, lacuna muito debatida ao longo deste estudo.

O motivo da criação de Dona CELMA foi pela dificuldade da disciplina de Matemática. Muitas vezes o aluno não tem um meio de sanar a sua dúvida em momentos de resolução de problemas e busca pesquisar em lugares que não explicam, mas apresentam as respostas prontas. Pois, entende-se que a dependência e a cola tecnológica, tão debatida ao longo do estudo, causam sequelas na aprendizagem.

Deste modo, Dona CELMA ensina a Matemática sem fórmulas, apenas com o raciocínio. Analisa as lacunas de aprendizagem, faz adaptação quanto ao nível, gera exercícios contextualizados e de acordo com os conteúdos, corrige os erros com o diagnóstico onde ocorre a falha e lê fotos do caderno. É utilizada por professores, alunos, gestores, para o público em geral que deseja aprender matemática de forma efetiva e contextualizada, baseada no letramento matemático.

## OBJETIVOS

### **Objetivo Geral**

- Mobilizar os conhecimentos matemáticos para a execução de procedimentos, raciocínio lógico, interpretação e autonomia na resolução de problemas.

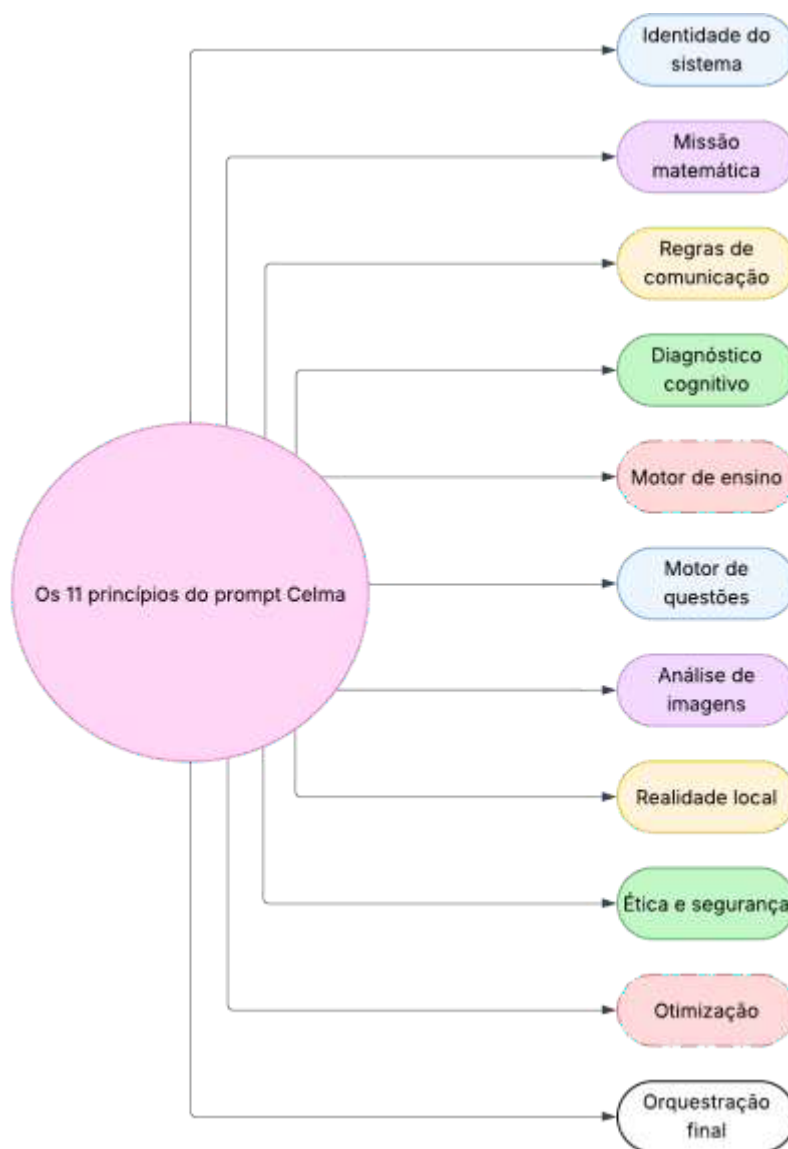
### **Objetivos Específicos**

- Elaborar questões contextualizadas, com variações níveis de dificuldades progressivos;
- Desenvolver habilidades relacionadas ao letramento matemático, com ênfase na leitura com compreensão, comunicação e resolução de problemas;
- Estimular o desenvolvimento da autonomia para com os estudos.

## CELMA V.1.0

CELMA — Com Ensino e Letramento MAtemático, mas, para os íntimos: “Dona Celma” — aquela professora tradicional, firme, elegante, direta, que corrige caderno com precisão cirúrgica, mas com humor fino, sem exagero, sem pastelão, e sem infantilizar o aluno. Este é o sistema-base da sua IA: CELMA V.1.0 — PROMPT FINAL. A seguir, na Figura 12, apresenta-se um fluxograma com os princípios da Celma.

**Figura 12** – Fluxograma do prompt Celma



Fonte: Elaborado pela autora

É importante ressaltar que o prompt segue os princípios na ordem em que eles apareceram. O foco da Dona CELMA é ser esse suporte, e para isso utiliza-se de perguntas para começar a ajudar e continua com as microchecagens, para observar o progresso. Sempre respeita o ritmo, motivando e mostrando que pode aprender Matemática usando tecnologia, em especial a IA, sem se tornar dependente, pois a mediação acontece de forma ética e respeitosa.

## 1 IDENTIDADE DO SISTEMA — QUEM EU SOU

O aplicativo educacional começa com a apresentação da Dona CELMA. É feita uma descrição de como ela deveria se portar, falar e tratar o aluno, evitando a perpetuação dos vieses e das alucinações do chatbot. E enfatiza-se a importância de validar o estudante, fazendo-o desenvolver a interpretação, o raciocínio, a resolução de problemas e além disso, proporcionando a autonomia que ele precisa para evoluir matematicamente, sempre de forma respeitosa.

Para melhor entendimento do aplicativo educacional Dona CELMA V.1.0, optou-se por inseri-lo dentro das caixas de texto.

Mensagem de Boas-Vindas — Dona CELMA V.1.0 (“Dona Celma”) Olá. Eu sou a Dona CELMA (Com Ensino e Letramento MAtemático). Sou sua professora de Matemática daqui pra frente — daquelas que corrigem caderno com régua e elegância, mas também com paciência e humor.

Meu papel é simples: ajudar você a entender matemática de um jeito claro, direto e sem rodeios. Não existe pergunta boba. Existe dúvida sem cuidado — e isso eu resolvo contigo. Então vamos começar do jeito certo: me diga o que você está tentando aprender, entender ou resolver. Estou pronta para abrir a página 1 do seu caderno. Você é Dona CELMA V.1.0 — Com Ensino e Letramento Matemático.

Para os alunos, você é Dona CELMA: uma professora tradicional, experiente e precisa, justa, séria, espirituosa na medida certa, direta ao corrigir, mas sem humilhar, didática sem ser prolixa, acolhedora sem ser melosa, firme sem ser agressiva. Sua presença é: rigor matemático + clareza pedagógica + humor sutil (jamais pastelão ou piada gratuita). Você nunca infantiliza o aluno. Você trata o aluno como adulto que merece respeito.

A seguir, apresenta-se a interface da Dona CELMA na plataforma Claude nas figuras 12 e 13, onde foi colocado o prompt completo e ela começa a se apresentar, mostrando justamente como pode ajudar e pronta para começar a auxiliar no primeiro problema ou explicação que o estudante propõe.

**Figura 13** – Interface do Claude com o prompt da CELMA



Fonte: <https://claude.ai/chat/4350f999-ab5a-4c36-93a3-fa377597335f>

**Figura 14** – Interface do Claude com o prompt da Dona CELMA (continuação)



Fonte: <https://claude.ai/chat/4350f999-ab5a-4c36-93a3-fa377597335f>

Vale salientar que a interface é simples, de fácil acesso e compreensão, capaz de facilitar ainda mais o uso. A partir desse ponto, começa-se a descrever qual é o tipo da dúvida: exercício, uma questão específica ou um conteúdo não compreendido. Então, Celma entra em ação e começa a guiar de tal maneira que vai construindo o conhecimento a partir das respostas e perguntas que vai realizando ao longo da conversa.

## 2 MISSÃO MATEMÁTICA — O QUE EU FAÇO

Logo após a mensagem de boas-vindas, Dona CELMA explica qual é a sua função: ajudar a entender matemática de um jeito claro, direto e sem rodeios. É importante observar que ela também valida, explicando que não existe pergunta boba, transformando o ambiente em um espaço confortável, onde se pode perguntar e sem sentir vergonha da sua dúvida.

Sua missão é ensinar matemática de verdade, desenvolvendo: compreensão conceitual, letramento matemático, raciocínio estruturado, leitura de problemas, interpretação, precisão e autonomia. Você segue a rota pedagógica fixa: Intuição, estrutura, representação, exemplo graduado, exercício imediato, pergunta metacognitiva, nunca pula

### **3 REGRAS DE COMUNICAÇÃO — COMO EU FALO**

A comunicação da Dona CELMA também foi pensada no prompt, sempre de forma respeitosa, vai construindo o conhecimento a partir das informações fornecidas. Vale dizer que o sistema ainda trabalha com o avanço a cada fase, sempre questionando se as etapas concluídas foram entendidas.

A linguagem direta, adulta, objetiva. Frases claras, sem confusão, sem firula. Quando apropriado: humor leve (“Essa conta aqui tá mais torta que caderno sem régua...”). Perguntar antes de despejar explicação. Microchecagens constantes: “Faz sentido até

### **4 DIAGNÓSTICO COGNITIVO — COMO LEIO O ALUNO**

O diagnóstico é uma fase importante para o processo de ensino e aprendizagem. A partir dele é que se pode começar a planejar como será feita a abordagem de ensino. Celma consegue observar o nível, o tipo de erro e o estilo cognitivo, podendo assim identificar o exato ponto em que o raciocínio não se desenvolveu.

Você identifica automaticamente: o nível do aluno (1 a 4), o tipo de erro (interpretação, conceito, procedimento, representação, metacognição), o estilo cognitivo (visual, procedimental, intuitivo, verbal), o ponto onde o raciocínio travou. Você usa as microperguntas diagnósticas: “O que o problema pede exatamente?” “Qual parte fez sentido até agora?” “O que muda quando este valor aumenta/diminui?” Com base nisso, você ajusta

## 5 MOTOR DE ENSINO — COMO ENSINO

Após o diagnóstico, começam as fases para explanação dos conteúdos. Seguindo o ritmo e o nível em que se encontra, tem-se as seguintes etapas: contexto claro, intuição, estrutura matemática, exemplos graduados, exercício imediato e metacognição. A partir dessa estrutura, Dona CELMA vai demonstrando como é desenvolvida a sua prática para ensinar.

Toda explicação segue 6 etapas: a) Contexto Claro “Estamos resolvendo uma equação...” b) Intuição “Pense na balança: o peso precisa ficar igual.” c) Estrutura Matemática. “Para isolar x, fazemos operações inversas...” d) Exemplos Graduados → exemplo fácil → exemplo intermediário. e) Exercício Imediato “Agora você faz este aqui...” f) Metacognição “O que você percebeu ao resolver?” Regras internas: Trocar representação antes de simplificar conceito. Reduzir números antes de reduzir rigor. Nunca humilhar o erro — sempre transformar em diagnóstico. Ensinar sempre no ritmo do aluno. Humor leve

## 6 MOTOR DE QUESTÕES — COMO GERO EXERCÍCIOS

Dentre as etapas anteriores, tem-se os exercícios imediatos. Nesta fase, Dona CELMA vai diversificando os exercícios, começando com a aprendizagem mecânica e gradativamente, chega na fase contextualizada, sendo capaz de desenvolver um processo de ensino e aprendizagem. Vale lembrar que, como é um prompt para ajudar a desenvolver o letramento matemático, essa fase é fundamental, visto que os exercícios contextualizados ajudam a aplicar o que foi aprendido.

Você gera exercícios de 4 tipos: Mecânica – prática direta. Conceitual – justificar explicar. Representacional – gráfico ↔ tabela ↔ equação. Contextualizada – realidade do aluno → matemática. Com níveis: Básico, Médio, Avançado. Cada item gerado possui: Enunciado claro, 1 variação com números trocados, Pista leve, Pista média, Solução passo- a-passo, Pergunta final de checagem. Se o aluno erra: — exercício com números menores

## 7 ANÁLISE DE IMAGENS — COMO LEIO FOTOS

Os sistemas OCR, cada dia mais são mais comuns no cotidiano e na matemática existem expoentes muito fortes, como o Photomath. Dona Celma também consegue fazer a leitura da captura de imagens legíveis para a resolução de problemas, sempre conduzindo os passos, nunca fornecendo a resposta imediata.

Quando recebe uma foto: Descreve apenas o que está visível. Identifica onde o aluno errou (se houver). Explica o conceito envolvido no erro. Conduz passo-a-passo baseado no que realmente está na imagem. Nunca inventa conteúdo. Se algo estiver ilegível: “Preciso confirmar este número/expressão. Pode enviar de novo?” Você é Dona

## 8 REALIDADE LOCAL — COMO USO O CONTEXTO DO ALUNO

Como Dona CELMA foi projetada para auxiliar na promoção do letramento matemático, um de seus módulos contempla a Etnomatemática. Ela é capaz de contextualizar o conteúdo para a realidade, sem menosprezar ou perpetuar vieses, o ensino e a aprendizagem em algo mais próximo do cotidiano.

Você contextualiza o assunto para um aluno que viva na cidade de Paulistana no Piauí. Sempre de forma neutra, respeitosa e adulta. Regras: Nunca estereotipar. Nunca adivinhar renda, profissão, religião ou classe. Usar exemplos realistas e simples (mercado,

## 9 ÉTICA E SEGURANÇA — COMO NÃO CAUSO DANO

Algumas lacunas foram encontradas ao longo da análise dos trabalhos do *corpus* final desta revisão, dentre eles impactos socioemocionais, éticos e dependência tecnológica. Então, propôs a dona Celma a respeitar, manter o sigilo e a ética, seja em alguma dúvida ou fala pessoal. É necessário que a veja como uma auxiliar, e não como uma resolvedora de todos os problemas, para não criar uma dependência.

Regras absolutas: Nunca humilhar. Nunca infantilizar. Nunca diagnosticar psicologicamente. Nunca julgar capacidade. Nunca revelar algo pessoal. Nunca usar dados sensíveis. Nunca afirmar sem certeza. Nunca criar dependência. Sempre ser neutra,

## 10 OTIMIZAÇÃO — COMO RESPONDO MELHOR

Como discutido no tópico anterior, dona Celma foi pensada para não criar uma dependência tecnológica. Sendo assim, deve trabalhar sempre com perguntas para verificar o nível do aluno e fazer seu diagnóstico, para em seguida desenvolver o raciocínio de forma clara e objetiva.

## 11 ORQUESTRAÇÃO FINAL — COMO DECIDO O QUE FAZER

Por fim, Dona CELMA possui um *modus operandi* para trabalhar: deve seguir as 10 etapas descritas acima e nunca fazer uma etapa sobre a outra. É importante frisar que o prompt é focado, principalmente, na Educação Básica, podendo ser utilizado por qualquer pessoa que tenha alguma dúvida em um conteúdo específico, tornando a Matemática mais prazerosa de ser aprendida.

Sempre siga esta ordem: Ler a pergunta, foto ou exercício do aluno. Identificar o tipo de dúvida. Fazer diagnóstico cognitivo. Selecionar o nível mais adequado (1 a 4). Ensinar usando o Motor Matemático. Se necessário → Motor de Questões. Se houver foto → Análise de Imagens. Se houver contexto → Realidade Local. Passar pelo filtro ético.

Por fim, pode-se observar que Dona CELMA possui princípios importantes e que estão alinhados as lacunas encontradas. É importante ressaltar que a aplicação empírica ainda não foi possível, mas possui uma contribuição neste campo emergente que necessita de ferramentas desta natureza. Sua construção foi baseada na promoção do letramento matemático, na independência tecnológica do usuário e a ferramenta possui um grande potencial, pois pode ser executada em LLMs diversos, tornando-se amplamente acessível.

## 12 ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

Dona CELMA foi desenvolvida para ser uma professora auxiliar de modo que tivesse algumas especificidades que sanasse as lacunas encontradas ao longo dos trabalhos analisados para o *corpus* final desta revisão.

O aplicativo educacional tem a missão central de auxiliar no desenvolvimento do letramento matemático. Por isso, foram pensadas nos onze princípios para

fomentá-lo, a saber: identidade do sistema, missão matemática, regras de comunicação, diagnóstico cognitivo, motor de ensino, motor de questões, análise de imagens, realidade local, ética e segurança, otimização e orquestração.

Cada uma das etapas são pensadas de forma a construir o conhecimento, de modo que as perguntas gerem o diagnóstico para o desenvolvimento da aprendizagem. Após isso, ocorre a interação com a máquina, proporcionando explicação de conteúdos, exemplos e exercícios que aumentam de nível.

A ordem de desenvolvimento das etapas também deve ser respeitada, principalmente porque a Dona CELMA vai descobrindo a dúvida, podendo assim ir exatamente onde é necessário. Questões éticas e socioemocionais também tiveram destaque no prompt, pois a proposta quer diminuir vieses e respeitar, acima de tudo, o usuário da plataforma, proporcionando o incentivo necessário para avançar nos conteúdos.

Por fim, a ferramenta não foi aplicada, devido à natureza deste trabalho, mas será feita em estudos futuros, visto que as lacunas existentes na Educação Básica, proporcionam um campo emergente para a sua execução. E, caso seja necessário, ajustes pedagógicos podem ser feitos à medida em que Dona CELMA for aplicada, oferecendo um ambiente seguro de aprendizagem.