

Lucas Angelo Souza da Silva

**Potencialidades da Inteligência Artificial nas
aulas de Matemática: Otimização do Trabalho
Docente**

Vitória

2026

Lucas Angelo Souza da Silva

Potencialidades da Inteligência Artificial nas aulas de Matemática: Otimização do Trabalho Docente

Dissertação de mestrado apresentada ao
PROFMAT como parte dos requisitos exi-
gidos para a obtenção do título de Mestre em
Matemática

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
MESTRADO PROFISSIONAL EM MATEMÁTICA EM REDE NACIONAL



PROFMAT

Orientador: Prof. Dr. Etereldes Goncalves Junior

Vitória

2026

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

S586p Silva, Lucas Angelo Souza da, 1999-
Potencialidades da Inteligência Artificial nas aulas de Matemática: : Otimização do Trabalho Docente / Lucas Angelo Souza da Silva. - 2026.
113 p.

Orientador: Etereldes Gonçalves Junior.

Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas.

1. Inteligência Artificial. 2. Educação Matemática. 3. Práticas Docente. 4. Tecnologias Educacionais. 5. Professores de Matemática. I. Gonçalves Junior, Etereldes. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 51



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Centro de Ciências Exatas

Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional – PROFMAT

“Potencialidades da Inteligência Artificial nas aulas de Matemática: Otimização do Trabalho Docente”

Lucas Angelo Souza da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso do PROFMAT apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Matemática em Rede Nacional da Universidade Federal do Espírito Santo, composto por dissertação e recurso educacional, tipo Bibliográfico, subtipo Artigo em Periódico, intitulado “Inteligência Artificial para professores de Matemática”, publicado no repositório Educapes (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/1174956>), como requisito para obtenção do título de Mestre em Matemática.

Aprovado em 28/05/2026 por:

Prof. Dr. Etereldes Gonçalves Júnior
Orientador – UFES

Prof. Dr. Fábio Júlio da Silva Valentim
Examinador interno – UFES

Prof. Dr. Fidelis Zanetti de Castro
Examinador externo – UFES

Campus Universitário Alaor de Queiroz Araújo
Av. Fernando Ferrari, 514, Goiabeiras, Vitória – ES | 29075-910 | (27) 4009-2473/2474
<https://matematica.redenacional.ufes.br/> – profmat.ufes@gmail.com – pos.matematicaredenacional@ufes.br



Agradecimentos

Agradeço, em primeiro lugar, a Deus, que não me permitiu desanimar, mesmo nos momentos difíceis, e me manteve firme em meio às dificuldades, sustentando-me a cada momento, dando-me forças e proteção nas longas viagens semanais.

A minha esposa Roberta, por sempre me apoiar em meio ao turbilhão que é o mestrado, com carinho, compreensão, paciência e sabedoria. Além do constante incentivo nas inúmeras horas de estudo.

A minha mãe Andréia, pelo incentivo ao estudo desde novo, pelas orações e fé inaláveis. Sua presença foi fundamental para eu me tornar o homem que sou hoje.

Aos meus colegas e amigos do mestrado, sobretudo Bruno, Ciro, Jhonatan, João, Michael e Mariano, que tornaram essa etapa mais leve e mostraram que um ambiente de intensos desafios também pode ser leve e agradável e, em muitos momentos, até mesmo infantil.

Ao meu antigo professor, calouro e amigo Jaques, pelos momentos de leveza nas longas viagens para Vitória.

Aos professores que tive até aqui, desde o ensino básico até o mestrado, que me ensinaram o que é ser professor e me inspiram, a cada dia, a melhorar.

Ao meu orientador Etereldes, que me auxiliou nos momentos de dúvidas, me orientando e mostrando caminhos que eu não conseguiria ver sozinho.

Agradeço também a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES), pelo apoio financeiro durante parte da jornada no Profimat.

Gratidão.

“Se cheguei até aqui foi por estar sobre ombros de gigantes.”

Isaac Newton

Resumo

Esta dissertação investiga as potencialidades da Inteligência Artificial (IA) no ensino de Matemática, com ênfase na otimização do trabalho docente. Inicialmente, apresentam-se aspectos históricos e fundamentos matemáticos da IA, com destaque para redes neurais, aprendizado de máquina e modelos de linguagem. Em seguida, realiza-se uma análise do estado da arte a partir de dissertações do PROFMAT, evidenciando avanços recentes e lacunas na integração dessas tecnologias ao contexto educacional. O estudo discute, ainda, as principais ferramentas de IA disponíveis, bem como suas aplicações na resolução de problemas matemáticos e na elaboração de materiais didáticos, além de abordar os riscos associados ao uso acrítico dessas tecnologias, como a geração de informações incorretas e possíveis impactos no desenvolvimento cognitivo dos estudantes. No campo pedagógico, destaca-se o uso da IA como ferramenta de apoio ao professor, contribuindo para a automação de tarefas, a personalização do ensino e o desenvolvimento de estratégias didáticas. Conclui-se que, quando utilizada de forma crítica e orientada, a IA pode potencializar o processo de ensino-aprendizagem em Matemática, ampliando possibilidades metodológicas e contribuindo para a prática docente.

Palavras-chave: Inteligência Artificial; Educação Matemática; Prática Docente; Tecnologias Educacionais.

Abstract

This dissertation investigates the potential of Artificial Intelligence (AI) in mathematics education, with an emphasis on optimizing teaching work. Initially, it presents historical aspects and mathematical foundations of AI, highlighting neural networks, machine learning, and language models. Next, it conducts a state-of-the-art analysis based on PROFMAT dissertations, highlighting recent advances and gaps in the integration of these technologies into the educational context. The study also discusses the main AI tools available, as well as their applications in solving mathematical problems and developing teaching materials, in addition to addressing the risks associated with the uncritical use of these technologies, such as the generation of incorrect information and possible impacts on students' cognitive development. In the pedagogical field, the use of AI as a tool to support teachers is highlighted, contributing to the automation of tasks, the personalization of teaching, and the development of teaching strategies. In conclusion, when used critically and in a guided manner, AI can enhance the teaching and learning process in mathematics, expanding methodological possibilities and contributing to teaching practice.

Keywords: Artificial Intelligence; Mathematics Education; Teaching Practice; Educational Technologies.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Conceito e evolução do Deep Learning: arquitetura profunda e pré-requisitos tecnológicos	18
Figura 2 – Recorte da Proposta do <i>Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence</i> (1956).	22
Figura 3 – Frequência do termo “Artificial Intelligence” e variações no corpus do Google Books (1800–2022)	25
Figura 4 – Síntese histórica do desenvolvimento da Inteligência Artificial	30
Figura 5 – Criação de template para simulados L ^A T _E X	41
Figura 6 – Templates de apostila em L ^A T _E X gerados por Inteligência Artificial	42
Figura 7 – Tela de personalização do ChatGPT	44
Figura 8 – Arquivo padrão do Prism	46
Figura 9 – Aprimoramento de Slides com Gemini	47
Figura 10 – Aplicativo gerador de gráficos no Gemini Canvas e exemplo de saída produzida automaticamente	48
Figura 11 – Aplicativo Google Opal de geração de páginas interativas	49
Figura 12 – Interface do Web App <i>Nexus Study</i> para organização de cronogramas de estudo	49
Figura 13 – PrintScreen do estúdio NotebookLM	51
Figura 14 – Geração de árvore de arquivos Claude	53
Figura 15 – Jogo de funções quadráticas	54
Figura 16 – Geração de árvore de planilhas Claude	54
Figura 17 – Questão 21 do caderno de prova do processo seletivo IFES— 2026	64
Figura 18 – Soluções apresentadas pelas IAs ChatGPT, Gemini e Claude	65
Figura 19 – Solução da questão 12 do Processo Seletivo para ingresso nos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio do IFES — 2026 pelo Claude	65
Figura 20 – Enunciado da questão 2 no arquivo compilado gerado pelo ChatGPT no Exame Nacional de Acesso para ingresso no Profmat - 2024	66
Figura 21 – Questão 2 do Exame Nacional de Acesso ao Profmat	67
Figura 22 – Resolução da Questão 2 produzida pelo ChatGPT no contexto do Exame Nacional de Acesso ao PROFMAT 2024 e Gráfico delimitado na intersecção das retas suporte	68
Figura 23 – Questão 16 do Exame Nacional de Acesso ao Profmat	68
Figura 24 – Resolução da Questão 16 produzida pelo Gemini no contexto do Exame Nacional de Acesso ao PROFMAT 2024	69
Figura 25 – Questão 7 do Exame Nacional de Acesso ao Profmat	69
Figura 26 – Triângulo em Tikz produzido pelo ChatGPT	74

Figura 27 – Questão 4 do Exame Nacional de Qualificação do Profmat	75
Figura 28 – Questão 48 do Concurso Público para professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2024	77
Figura 29 – Questão 5 da primeira fase do vestibular do ITA — 2025	80
Figura 30 – Plano de pesquisa/análise gerado pelo Gemini	83
Figura 31 – Sumário da transcrição de resumo da Unidade 2 da Disciplina MA23 - Geometria Analítica (Profmat)	83
Figura 32 – Definição manuscrita e transcrita em \LaTeX	84
Figura 33 – Demonstração formal de que os pontos médios dos lados de um quadrilátero no plano são vértices de um paralelogramo	84
Figura 34 – Terminologia (parábolas)	85
Figura 35 – Concavidade das parábolas em reta focal paralela ao eixo OX	85
Figura 36 – Transcrição de lousa	86
Figura 37 – Questão 7 do Exame Nacional de Acesso ao Profmat	87
Figura 38 – Banco de conhecimentos do MathTutor	89
Figura 39 – Formulário gerado pelo Claude	92
Figura 40 – Feedbacks imediatos no formulário gerado pelo Claude	92
Figura 41 – Sequência Didática navegável gerada pelo Claude	93
Figura 42 – Jogo Expo Sync - Claude	94
Figura 43 – Jogo <i>MathVision AI</i> - Gemini	95
Figura 44 – Aplicativo Sintonia Pedagógica	97
Figura 45 – Planilha Sheets com as provas e soluções geradas por IA	98
Figura 46 – Publicação na Web da planilha com as provas e soluções geradas por IA	98
Figura 47 – Link HTML gerado	99
Figura 48 – Incorporação de páginas	99
Figura 49 – Incorporar código	100
Figura 50 – Tela inicial da página Suno	101

Lista de tabelas

Tabela 1 – Dissertações Profmat com tema Inteligência Artificial	31
Tabela 2 – Prompt Claude para geração de árvore de documentos	52
Tabela 3 – Prompt usado na criação de jogo de funções quadráticas	53
Tabela 4 – Prompt para resolução de Provas	61
Tabela 5 – Tabela de acertos por IA na prova do processo seletivo para os curso técnicos integrados ao Ensino Médio no IFES	63
Tabela 6 – Tabela de acertos por IA no Exame Nacional de Acesso para ingresso no Profmat- 2024	67
Tabela 7 – Desempenho por questão no Exame Nacional de Qualificação Profmat - 2026.1	74
Tabela 8 – Tabela de acertos por IA no Concurso Público para professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2024	76
Tabela 9 – Tabela de acertos por IA na primeira fase do processo seletivo do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) — 2025	79
Tabela 10 – Prompt Gemini para transcrição de manuscritos	82
Tabela 11 – Prompt para converter fotos em LaTeX	85
Tabela 12 – Instruções personalizadas para o MathTutor	88
Tabela 13 – Prompt para geração de formulário em chat no Claude	91
Tabela 14 – Prompt para geração de sequência didática no Claude	93
Tabela 15 – Prompt para criação de jogo <i>Expo Sync</i> - Claude	95
Tabela 16 – Prompt para criação de jogo <i>MathVision AI</i> - Gemini	96
Tabela 17 – Prompt para geração de App Sintonia Pedagógica - <i>Google AI Studio</i> .	97

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	Contexto Histórico	19
2.2	Estado da Arte	30
2.2.1	O uso da Inteligência Artificial no Ensino da Matemática	31
2.2.2	Desafios e possibilidades do uso de Inteligência Artificial generativa na elaboração e revisão de itens de Matemática	32
2.2.3	Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: da teoria ao algoritmo pronto no Ensino Médio	33
2.2.4	Desmistificando a Inteligência Artificial para alunos do Ensino Médio: explorando conceitos e Matemática fundamentais	33
2.2.5	Explorando a Inteligência Artificial generativa como apoio aos docentes de Matemática	34
2.2.6	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	35
2.2.7	Inteligência Artificial no Ensino de Matemática: potencialidades e desafios para professores	35
2.2.8	A Inteligência Artificial no Ensino da Matemática: Possibilidades de aplicações nas turmas do Ensino Médio	36
2.2.9	Inteligência Artificial na Educação: uma abordagem comparativa das propostas dos governos por meio de análise documental	37
2.3	Análise Crítica do Estado da Arte e Justificativa da Pesquisa	38
3	PRINCIPAIS IAS NO CENÁRIO ATUAL	39
3.1	ChatGPT	42
3.1.1	Prism	44
3.2	Gemini	46
3.2.1	NotebookLM	50
3.3	Claude	51
3.4	Inteligências Artificiais específicas e outras IAs de contexto geral	55
4	AS ALUCINAÇÕES, FAKE NEWS E PRINCIPAIS RISCOS NO USO ACRÍTICO DAS INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS	56

4.1	As alucinações das IAs: respostas convincentes, mas desconectadas da realidade	56
4.2	<i>Fake news</i> e a facilitação da desinformação por IA generativa	57
4.3	Uso acrítico versus uso ético e crítico da IA	58
4.4	Escrita ética com IA: diretrizes CNPq e uso neste trabalho	59
5	POTENCIALIDADES NO USO DA IA NA MATEMÁTICA	61
5.1	Processo Seletivo para ingresso nos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2026	62
5.1.1	Gabarito Final	63
5.1.2	Organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)	63
5.1.3	Didática	64
5.2	Exame Nacional de Acesso para ingresso no Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (ENA PROFMAT) — 2024	65
5.2.1	Gabarito Final	66
5.2.2	Organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)	69
5.2.3	Didática	72
5.3	Exame Nacional de Qualificação (ENQ PROFMAT) — 2026	73
5.3.1	Gabarito Final e organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)	74
5.3.2	Didática	75
5.4	Concurso Público para professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2024	76
5.4.1	Gabarito Final	76
5.4.2	Organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)	77
5.4.3	Didática	78
5.5	Primeira fase do processo seletivo do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) — 2025	78
5.5.1	Gabarito Final	79
5.5.2	Organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)	80
5.5.3	Didática	81
5.6	Conversão de Notas de Aula e Materiais Matemáticos manuscritos para LaTeX	82
5.7	Construção de chats personalizados a partir de heurísticas e banco de resultados prévios	87
6	A IA COMO FERRAMENTA NO TRABALHO DOCENTE	90
6.1	Assistência em tarefas textuais e por voz	90
6.1.1	Formulário via chat	91

6.1.2	Criação de sequência didática	91
6.2	Criação de Artefatos	93
6.2.1	Apps interativos sem utilização de plataformas externas	93
6.2.2	Jogo Expo Sync - Claude	94
6.2.3	Jogo <i>MathVision AI</i> - Gemini	95
6.2.4	App Sintonia Pedagógica - <i>Google AI Studio</i>	96
6.2.5	Geração de sites em ambiente próprio	96
6.2.6	Criação de documentos	100
6.2.7	Criação de Áudios e Músicas	100
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
	REFERÊNCIAS	104

1 Introdução

É notável, nos últimos anos, a expressiva evolução tecnológica nas diversas áreas do conhecimento humano, propiciando facilidades outrora inimagináveis. Hoje, é possível comunicar-se com pessoas de qualquer parte do planeta de forma instantânea, bem como acessar, na palma da mão e sem sair de casa, informações que anteriormente demandavam grande esforço e eram obtidas de forma limitada.

Entretanto, para além desses benefícios, há riscos a serem considerados, como o prejuízo decorrente do uso excessivo de dispositivos digitais, que pode levar à superficialidade na apreensão dos conteúdos, sem o devido aprofundamento.

Quando se trata de tecnologia, é indiscutível o papel disruptivo da Inteligência Artificial (IA). Observa-se o desenvolvimento de sistemas capazes de simular, com elevado grau de precisão, tarefas e processos antes considerados exclusivos dos seres humanos, como o raciocínio lógico, a resolução de problemas e a generalização de padrões, além de atividades mais complexas, como a criação de músicas.

Tais processos de simulação de raciocínio, se utilizados de forma ética e crítica, facilitam e agilizam processos que demandam tempo e esforço consideráveis. Isso não é diferente na educação, seu potencial se estende tanto a professores quanto a estudantes.

O uso da IA pode favorecer significativamente o processo educacional, tanto no ensino quanto na aprendizagem, atuando como tutor individualizado para os estudantes e como assistente ao professor.

Além disso, contribui para a redução de tarefas burocráticas e para a elaboração de propostas pedagógicas inovadoras, como estratégias de gamificação, sequências didáticas e listas de atividades, bem como para a criação de jogos digitais, com o objetivo de potencializar o processo de ensino-aprendizagem.

É importante destacar também os riscos advindos ao uso acrítico e desenfreado das IA's, dentre eles, cita-se:

- **A utilização antiética de IA na elaboração de trabalhos acadêmicos**, como trabalhos de conclusão de curso, dissertações e relatórios;
- **As chamadas “alucinações” das IAs**, respostas geradas com aparente convicção, mas desprovidas de fundamentos, desconectadas da realidade, induzindo ao erro, tais alucinações são particularmente frequentes em conversas que envolvem matemática.

Assim sendo, neste trabalho, aborda-se as potencialidades no uso consciente das IA's no processo de otimização do trabalho docente, buscando respaldo para responder à seguinte pergunta:

Como o uso das Inteligências Artificiais pode otimizar o trabalho do professor nas aulas de Matemática?

Desta forma, tem-se como **objetivo geral**:

Desenvolver e validar recursos didáticos apoiados por Inteligência Artificial (IA) que otimizem o trabalho do professor de matemática.

Com base nisso, define-se os seguintes **objetivos específicos**:

- **Otimizar o trabalho do professor de matemática, através dos recursos de IA.**
- **Produzir um guia para professores sobre o uso prático de IA para automatizar tarefas operacionais (correção, planejamento de aulas, elaboração de exercícios) e dinamizar o ensino de matemática.**
- **Apresentar o estado da arte da Inteligência Artificial na educação matemática, com ênfase nas principais ferramentas e plataformas disponíveis.**

Para melhor orientar a leitura, a dissertação foi organizada conforme a seguinte estrutura:

- **Fundamentação Teórica:** Neste capítulo, aborda-se o contexto histórico do surgimento das IA's, bem como as bases matemáticas por detrás desta tecnologia. Além disso, traz-se uma análise crítica de pesquisas voltadas a esse tema, analisando dissertações que abordam o uso de IA na Educação Matemática.
- **Principais IAs no cenário atual:** Apresenta-se um panorama das principais ferramentas de Inteligência Artificial disponíveis, tanto de caráter generalista quanto específico, destacando suas funcionalidades, aplicações e possíveis integrações no contexto educacional, com ênfase em seu uso no ensino de Matemática.
- **As alucinações, fake news e principais riscos no uso acrítico das Inteligências Artificiais:** Discute-se os principais riscos associados ao uso das IA's, como as chamadas "alucinações", a propagação de informações incorretas e o uso antiético dessas tecnologias, evidenciando a necessidade de uma postura crítica e reflexiva por parte de professores e estudantes.

- **Potencialidades no uso da IA na matemática:** Aborda-se o uso e o potencial das IA's em Matemática, destacando sua eficiência na resolução de problemas em diferentes níveis de complexidade, bem como seu papel no apoio à compreensão conceitual e na exploração de estratégias de resolução.
- **A IA como ferramenta no trabalho docente:** Analisa-se o uso da IA como suporte ao professor, com foco na otimização de tarefas como planejamento de aulas, elaboração de atividades, correção de exercícios e produção de materiais didáticos, evidenciando seu papel como ferramenta auxiliar no processo de ensino.
- **Considerações Finais:** Apresenta-se uma síntese dos principais resultados e discussões do trabalho.

2 Fundamentação Teórica

A **Inteligência Artificial (IA)** consolidou-se como um dos campos mais promissores da atualidade, articulando conhecimentos da Matemática e da Computação. Segundo [Russell e Norvig \(2010, p. viii, tradução nossa, prefácio\)](#), a Inteligência Artificial pode ser definida como “o estudo de agentes que recebem percepções do ambiente e realizam ações”.

Em um contexto mais amplo, pode-se adotar a definição apresentada por [Stryker e Kavlakoglu \(s.d.\)](#), que caracteriza a Inteligência Artificial como a tecnologia que permite que máquinas simulem características inerentes ao intelecto humano, tais como compreensão, aprendizado, resolução de problemas, tomada de decisões, criatividade e autonomia. Dessa forma, enfatiza-se a IA não apenas como uma tecnologia voltada à automatização de tarefas, mas como um campo que busca aproximar-se, em certo grau, da capacidade adaptativa humana.

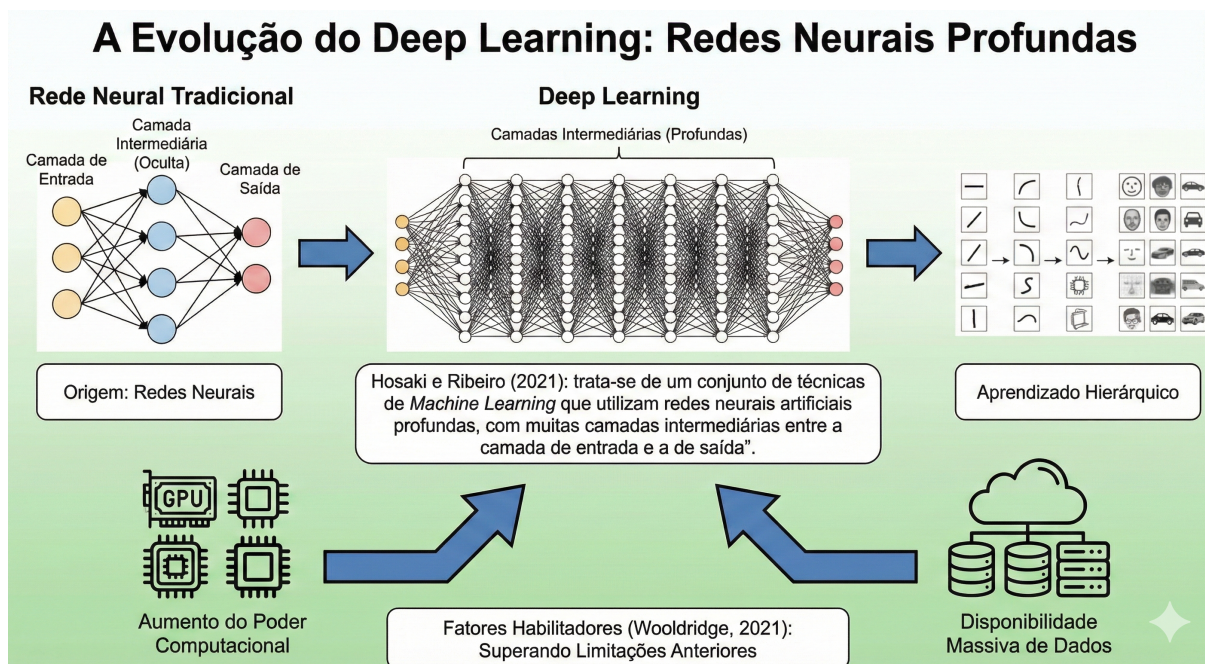
Neste cenário, as **redes neurais** desempenham um marco para a evolução da IA. Inspiradas na estrutura do cérebro humano, as redes neurais são técnicas de aprendizado de máquina compostas por nós ou “unidades” interconectadas (simulando neurônios).

Segundo [Russell e Norvig \(2010\)](#), [McCulloch e Pitts \(1990\)](#) e [Wooldridge \(2021\)](#), cada unidade computa uma soma ponderada de suas entradas e aplica uma função de ativação para gerar uma saída, o aprendizado ocorre por meio do ajuste de pesos dessas conexões. Assim sendo, pode-se definir uma rede neural, de forma mais simples, como “um modelo de aprendizado de máquina que empilha neurônios simples em camadas e aprende pesos e vieses que reconhecem padrões a partir dos dados para mapear entradas para saídas ([LEE, s.d.](#))”.

Com a evolução das Redes Neurais, deu-se origem ao conceito de **Deep Learning**, que de acordo com [Hosaki e Ribeiro \(2021, p. 3\)](#), “trata-se de um conjunto de técnicas de *Machine Learning*¹ que utilizam redes neurais artificiais profundas, com muitas camadas intermediárias entre a camada de entrada e a de saída”, ou seja, o Deep Learning representa uma evolução das redes neurais tradicionais ao utilizar arquiteturas mais complexas e profundas, capazes de aprender representações hierárquicas dos dados de forma automática. Para [Wooldridge \(2021\)](#), essa evolução só foi possível pelo aumento do poder computacional e pela disponibilidade massiva de dados, superando limitações anteriores de treinamento. A imagem 1 ilustra, de forma sintética, o conceito de *Deep Learning*.

¹ “O Aprendizado de Máquina (*Machine Learning*) é o subconjunto da inteligência artificial (IA) concentrado em algoritmos que podem ‘aprender’ os padrões dos dados de treinamento e, posteriormente, fazer inferências precisas sobre novos dados. Essa capacidade de reconhecimento de padrões permite que os modelos de aprendizado de máquina tomem decisões ou façam previsões sem instruções explícitas e codificadas ([BERGMANN, s.d.](#))”.

Figura 1 – Conceito e evolução do Deep Learning: arquitetura profunda e pré-requisitos tecnológicos



Fonte: Elaborado pelo autor, com o auxílio da ferramenta de inteligência artificial *Gemini* (2026).

Os *Large Language Models (LLMs)*, por sua vez, constituem uma classe de modelos de Inteligência Artificial treinados sobre vastos volumes de dados, projetados para apreender padrões complexos e estruturas linguísticas. Conforme (MUCCI, s.d.), o modelo GPT-3, com seus 175 bilhões de parâmetros, consolidou-se como um marco dessa tecnologia, evidenciando a capacidade de realizar uma ampla gama de tarefas de Processamento de Linguagem Natural, incluindo tradução, resumo e conversação, com a particularidade de exigir pouco ou nenhum treinamento adicional específico para cada atividade.

Fundamentalmente, a operação desses modelos baseia-se na arquitetura de redes neurais conhecida como **Transformer** e em modelagem estatística. De acordo com Sobreira (2025), os LLMs operam a partir da previsão da probabilidade da próxima palavra ou sequência de palavras em um determinado contexto, utilizando o conhecimento adquirido durante o treinamento para gerar textos fluentes e coerentes.

O avanço do *Deep Learning* e dos próprios LLMs possibilitou, por sua vez, que sistemas de IA se tornassem capazes de produzir conteúdos originais na forma de textos, imagens, vídeos, áudios ou códigos de software. Esse tipo de sistema passou a ser denominado **Inteligência Artificial Generativa** (STRYKER; SCAPICCHIO, s.d.).

Com o objetivo de embasar a pesquisa, aborda-se, neste capítulo, o contexto histórico do surgimento das Inteligências Artificiais, sua evolução ao longo do tempo. Ademais, apresenta-se o Estado da Arte no uso da IA, especificamente no que tange à

Matemática e ao processo de Ensino/Aprendizagem em Matemática.

2.1 Contexto Histórico

Não são raros os exemplos do imaginário humano ao sonhar com artefatos dotados de “inteligência”, da capacidade de “pensar”. Diversos autores de fantasia e romance, ao longo da história, imaginaram máquinas capazes de raciocinar, falar, compor músicas ou poesias. Samuel Butler (1835–1902), no romance *Erewhon* (1872), no capítulo *The Book of the Machines*, questiona se as máquinas poderiam evoluir e um dia superar a inteligência humana (BUTLER, 1872).

Já Ambrose Bierce (1842-1913) começa seu conto *Moxon's Master* (1899) com o seguinte questionamento: “Você realmente acredita que uma máquina pensa?” (BIERCE, 2011, p. 1). Na obra, Ambrose explora a possibilidade de uma máquina realmente pensar, não apenas calculando jogadas de xadrez, mas manifestando juízo e raciocínio (BIERCE, 2011).

Jonathan Swift (1667-1745), em seu livro *As viagens de Gulliver* (1726), introduz a ideia de uma máquina capaz de escrever livros de poesia, matemática, filosofia, entre outras áreas (MUCCI, s.d.). De acordo com o autor, com sua máquina “até mesmo a pessoa mais ignorante seria capaz [...] de escrever obras versadas em filosofia, poesia, política, leis, matemática e teologia, isto sem a menor necessidade de gênio ou de aplicado estudo” (SWIFT, 2022, p. 281).

As primeiras concepções concretas acerca da Inteligência Artificial ocorrem de forma paralela a criação do primeiro computador, no período da Segunda Guerra Mundial, quando Warren McCulloch (1898-1969), médico neurologista, e Walter Pitts (1923-1969), matemático e neurocientista publicam o artigo *A logical Calculus of the Ideas Immanent In Nervous Activity*, em 1943.

Nele, os autores introduzem o primeiro modelo matemático do neurônio artificial, que futuramente viria a evoluir para as redes neurais, suas bases são divididas em três fontes básicas: a fisiologia e função dos neurônios no cérebro, uma análise formal da lógica proposicional e na Teoria da Computação de Alan Turing² (1912-1954), eles propuseram um modelo de neurônios artificiais binário, no qual cada um é caracterizado como estando “ligado” ou “desligado”, com a mudança ocorrendo em resposta à estimulação por um número suficiente de neurônios vizinhos (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Este modelo mostrou que qualquer função computável poderia ser configurada

² A teoria da computação de Turing define a computabilidade através da Máquina de Turing, um modelo abstrato capaz de calcular qualquer função computável. A implicação fundamental dessa definição é que, se uma máquina pode realizar um trabalho, então um computador automático pode ser programado para simulá-la (WOOLDRIDGE, 2021; AND; ROCHESTER; SHANNON, 1955; MCCARTHY et al., 2006).

por alguma rede de neurônios conectados e que todos os conectivos lógicos — e, ou, não, ou...ou, se... então, se.. e somente se, etc — poderiam ser implementados por estruturas simples de rede, além disso, McCulloch e Pitts sugeriram que redes definidas de forma adequada poderiam aprender (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Já em 1950, Turing publica o artigo “*Computing Machinery and Intelligence*”, no qual busca responder à seguinte questão: **podem as máquinas pensar?**. Contudo, em razão da imprecisão e do uso cotidiano dos termos “máquinas” e “pensar”, o autor reformula esse questionamento por meio de um teste prático, denominado *Jogo da Imitação*³ (TURING, 1950).

Esse teste é composto por três participantes — um Investigador, um Homem A e uma Mulher B — posicionados em salas distintas. O objetivo do Investigador consiste em identificar, por meio de interações textuais digitadas, o **homem A** e a **mulher B**. O homem A tem como objetivo enganar o Investigador, passando-se por mulher, enquanto a mulher B busca auxiliá-lo a realizar a identificação correta (TURING, 1950).

Na reformulação proposta por Turing, o homem A é substituído por uma máquina, levantando-se a seguinte questão: o Investigador erraria com a mesma frequência que no caso em que o jogo é realizado entre um homem e uma mulher? Nesse contexto, Turing defende que os computadores podem imitar o intelecto humano, desde que sejam programados adequadamente, e propõe a construção de uma máquina inteligente (TURING, 1950; SOBREIRA, 2025).

Para isso, argumenta que, em vez de programar diretamente uma “mente adulta”, deve-se conceber um computador com uma estrutura inicial simples e com pouco conteúdo, mas dotado da capacidade de aprender a partir de interações, por meio de experiências, recompensas e punições, evoluindo gradualmente até alcançar um nível de complexidade comparável ao do cérebro adulto. Nas próprias palavras de Turing;

Em vez de tentar produzir um programa para simular a mente adulta, por que não tentar produzir um que simule a mente infantil? Se isso fosse então submetido a um curso de educação apropriado, obter-se-ia o cérebro adulto. Presumivelmente, o cérebro infantil é algo como um caderno que se compra na papelaria. Poucos mecanismos e muitas folhas em branco. [...] Nossa esperança é que haja tão pouco mecanismo no cérebro infantil que algo parecido com ele possa ser facilmente programado. A quantidade de trabalho na educação, podemos supor, como uma primeira aproximação, ser muito semelhante à de uma criança humana (TURING, 1950, p. 19, tradução nossa).

Todavia, cabe ressaltar que mesmo nessas primeiras concepções do que viria a se desenvolver como Inteligência Artificial, foi somente em 1956 que o termo foi empregado pela primeira vez, quando John McCarthy (1927-2011), professor assistente de matemática

³ Atualmente conhecido como Teste de Turing.

na Faculdade de Dartmouth, Claude Elwood Shannon (1916-2001), matemático, engenheiro e criptógrafo estadunidense, Marvin Lee Minsky (1927-2016), matemático e neurologista em Harvard e Nathaniel Rochester, pioneiro da computação estadunidense e principal desenvolvedor do IBM 701⁴, propuseram um programa de pesquisa, uma reunião composta por dez pesquisadores que se dedicariam, no transcorrer de dois meses, a diferentes problemas de pesquisa, voltados, sobretudo, a “Aprendizagem e Inteligência de Máquinas”, os temas propostos, de acordo com [McCarthy et al. \(2006\)](#), foram:

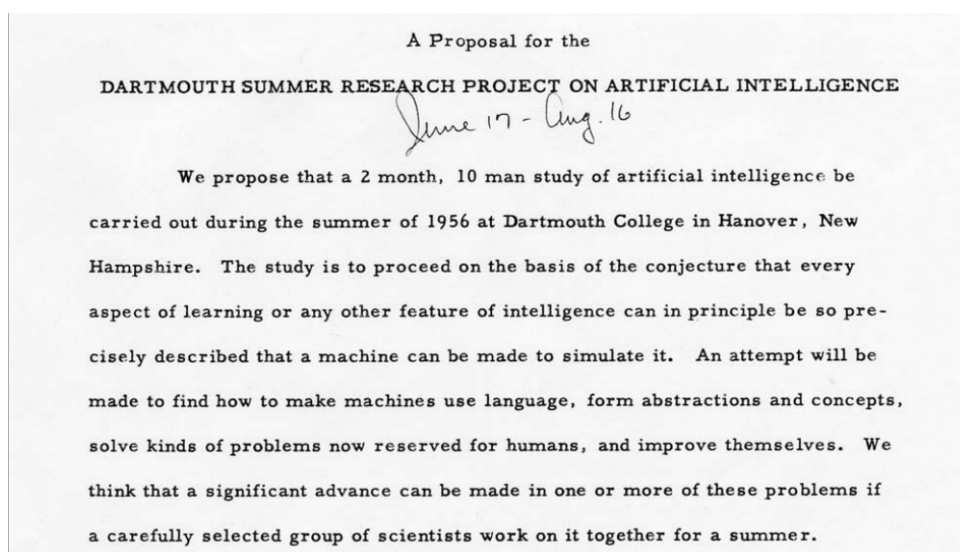
- **Computadores automáticos:** A ideia de que, se uma máquina consegue realizar uma tarefa, então um computador pode ser programado para simular esse comportamento, o obstáculo principal não é só hardware, mas a dificuldade de escrever programas que explorem bem a capacidade disponível.
- **Como um computador pode ser programado para usar uma linguagem:** Hipótese de que grande parte do pensamento humano pode ser vista como manipulação de palavras sob regras de raciocínio e conjectura; “generalizar” seria introduzir novos termos e regras de implicação, embora isso ainda não estivesse formulado com precisão no texto.
- **Redes Neurais:** Questão de como organizar um conjunto de neurônios (até então hipotéticos) de modo a formar conceitos.
- **Teoria do tamanho de um cálculo:** Ao receber um problema bem definido (com verificação mecânica da validade da resposta), tentar todas as soluções possíveis é ineficiente; por isso, busca-se um critério de eficiência que leve a medir a complexidade do cálculo, dos dispositivos e das funções envolvidas.
- **Autoaperfeiçoamento (de máquinas):** Expectativa de que uma máquina verdadeiramente inteligente realize atividades que possam ser descritas como autoaperfeiçoamento, na época, já haviam propostas, com a possibilidade do tema poder ser estudado também de forma abstrata.
- **Abstrações:** Existem tipos de “abstração” que podem ser definidos distintamente e outros de forma menos clara. Considera-se valiosa uma tentativa direta de classificar esses tipos e descrever métodos de máquina para formar abstrações a partir de dados sensoriais e outros dados.
- **Aleatoriedade e Criatividade:** Conjectura-se que a diferença entre o pensamento criativo e o pensamento competente, porém sem imaginação, reside na injeção de aleatoriedade guiada pela intuição. O “palpite instruído” ou pressentimento incluiria,

⁴ Primeiro computador científico comercial e de produção em série da IBM, empresa multinacional americana de tecnologia.

portanto, uma aleatoriedade controlada dentro de um pensamento de outra forma ordenado.

Tal encontro é tido como originário da área de “*Inteligência Artificial*” (SOBREIRA, 2025; MCCARTHY et al., 2006). Na carta de proposta para esta reunião é que foi utilizada pela primeira vez esta expressão, conforme a Figura 2.

Figura 2 – Recorte da Proposta do *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* (1956).



Fonte: (MCCARTHY et al., 2006)

Após o encontro de Dartmouth, em 1956, o campo de estudo entrou na chamada “Era de Ouro”(1956-1974). Mas devido a complexidade do tema, foi utilizada a estratégia de fragmentar o campo em linhas de pesquisas independentes e correlacionadas, como Resolução de Problemas, Percepção do Ambiente, Planejamento e Aprendizado de Máquina (WOOLDRIDGE, 2021; SOBREIRA, 2025).

Inicialmente ao surgimento do campo de pesquisa da IA, foi denominada uma abordagem de pesquisa denominada de *IA Simbólica*, também conhecida como *IA clássica*, com premissa de que a inteligência humana pode ser modelada pela manipulação de símbolos e regras lógicas, donde vem que máquinas inteligentes podem ser construídas programando esses símbolos e regras (WOOLDRIDGE, 2021; SOBREIRA, 2025).

Nesta mesma época, surge o *Logic Theorist*, primeiro programa com Inteligência Artificial, desenvolvido por Hebert Alexander Simon (1916-2001) e Allen Newell (1927-1992), tal programa foi capaz de provar 38, de 52, problemas do segundo capítulo do livro *Principia Mathematica*⁵ (1910), guardando os resultados já provados como lemas na

⁵ Principia Mathematica (1910) é uma obra de Alfred North Whitehead e Bertrand Russell que busca fundamentar toda a matemática na lógica formal, por meio de axiomas e regras de inferência. É famosa por desenvolver rigorosamente a lógica e a teoria dos tipos para evitar paradoxos.

demonstração dos demais. É importante destacar que Simon e Newell passam a modelar às heurísticas humanas⁶ para explicar como as demonstrações são construídas, inspirados em George Polya (1887–1985). De acordo com Gugerty (2006, p. 2, tradução nossa);

A principal percepção que ajudou Newell e Simon a compreender como as pessoas geravam provas lógicas foi concentrar-se na heurística das pessoas. Enquanto estudava na Stanford, Newell aprendeu com o matemático George Polya a importância da heurística na resolução de problemas. Simon e Newell descobriram heurísticas potenciais ao observar e registrar seus próprios processos mentais enquanto trabalhavam nas provas.

O *Logic Theorist* aparece como marco duplo, tanto histórico, relacionado a IA Simbólica, visto que foi o primeiro programa funcional capaz de simular a capacidade humana de resolver problemas complexos, quanto teórico, tendo em vista que serviu de base para a fundação da Modelagem Cognitiva⁷, ao estabelecer os princípios de que o pensamento humano pode ser explicado como processamento de informações (GUGERTY, 2006).

Por outro lado, embora a *IA Simbólica* tenha se mostrado útil na resolução de problemas matemáticos considerados difíceis para os seres humanos, especialmente por meio de computadores com elevado poder de processamento — com destaque para o sucesso do *Logic Theorist* —, emergiu uma outra abordagem, denominada *IA Conexionista* (SOBREIRA, 2025).

Essa vertente buscava simular o funcionamento do cérebro humano a partir de sua estrutura biológica. A origem dessa abordagem remonta ao já mencionado trabalho de McCulloch e Pitts e ao surgimento do *Perceptron*, modelo mais simples de um neurônio artificial, desenvolvido em 1958 por Frank Rosenblatt (1928–1971). (WOOLDRIDGE, 2021).

Apesar da crescente popularidade e avanços — tanto teóricos, quanto práticos — a respeito da IA, James Lighthill (1924–1998), em 1973, publica o relatório *Artificial Intelligence: A General Survey* — em tradução direta, *Inteligência Artificial: Uma Visão Geral* —, amplamente conhecido como *Lighthill Report*, no qual identifica o problema de **Explosão Combinatória**, uma falha fundamental da IA da época, na qual os métodos de IA funcionavam apenas em problemas com poucas variáveis, mas que apresentam falhas quando aplicados no mundo real, visto que o número de possibilidades cresce de forma

⁶ “Uma heurística é um atalho mental que permite a um indivíduo tomar uma decisão, emitir um julgamento ou resolver um problema rapidamente e com o mínimo esforço mental.” PSYCHOLOGY TODAY. *Heuristics*. (tradução nossa). Disponível em: <<https://www.psychologytoday.com/us/basics/heuristics>>. Acesso em: 26 jan. 2026.

⁷ A modelagem cognitiva é a criação de programas de computador projetados para simular aspectos da capacidade humana de resolver problemas complexos. A modelagem cognitiva busca replicar os processos mentais humanos. A premissa central é que o pensamento é o processamento de símbolos abstratos nas memórias de curto e longo prazo (GUGERTY, 2006).

exponencial a medida que variáveis são adicionadas (LIGHTHILL, 1973; MCCARTHY, 2000; WOOLDRIDGE, 2021).

A tese é que programas funcionam de forma satisfatória somente quando incorporam muito conhecimento humano específico do domínio; métodos “puramente lógico” sofrem derrota pela explosão combinatória e são substituídos por heurísticas (MCCARTHY, 2000; WOOLDRIDGE, 2021; LIGHTHILL, 1973).

O problema da Explosão Combinatória, alinhada às críticas acerca da compreensão da inteligência humana e a disparidade entre o que já havia sido feito e as expectativas culminaram na diminuição e no corte de verbas nesta área de pesquisa por parte das agências de financiamento, o que levou a um período conhecido pelos pesquisadores como *AI Winter*⁸, ou *Inverno da IA* (WOOLDRIDGE, 2021).

O primeiro período de *Inverno da IA*, marcado inicialmente pelo fim da “era de ouro”, também foi influenciado pela queda das vertentes de pesquisa *IA Simbólica*, pelo descrédito referente à resolução de problemas complexos — o problema de **Explosão Combinatória**— e da *IA Conexionista*, visto que o *Perceptron*, de acordo com Marvin Lee Minsky (1927-2016) e Seymour Aubrey Papert (1928-2016), no livro *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*, se mostrou limitado nas redes de camadas únicas (RUSSELL; NORVIG, 2010; SOBREIRA, 2025). De acordo com os autores;

Normalmente, quando ocorria uma falha, nem prolongar os experimentos de treinamento nem construir máquinas maiores ajudava. Todos os perceptrons falhavam em aprender a fazer essas coisas e, mais uma vez, o trabalho nessa área ficava parado (MINSKY; PAPERT, 1988, Prólogo, p. xi, tradução nossa).

Muitos pesquisadores passam, neste período, a focar não no avanço de uma IA geral, mas sim em sistemas de Inteligência Artificial especialistas em domínios específicos, softwares que capturam o conhecimento humano de especialistas na forma de regras estruturadas, pautadas em heurísticas e conhecimentos específicos de áreas do conhecimento humano (WOOLDRIDGE, 2021; RUSSELL; NORVIG, 2010).

O paradigma da “Engenharia do Conhecimento” nasceu dessa necessidade: cientistas e engenheiros trabalhariam com especialistas do domínio para extrair seu conhecimento e codificá-lo em sistemas computacionais. De acordo com Russell e Norvig (2010, p. 307, tradução nossa);

Um engenheiro de conhecimento é alguém que investiga a ENGENHARIA DO CONHECIMENTO em um domínio específico, aprende quais conceitos são importantes nesse domínio e cria uma representação formal

⁸ Ao longo da história, houveram dois períodos conhecidos como *AI Winter*. O primeiro teve início em meados da década de 1970 e estendeu-se até o início da década de 1980; o segundo ocorreu entre o final da década de 1980 e o início da década de 1990 (WOOLDRIDGE, 2021)

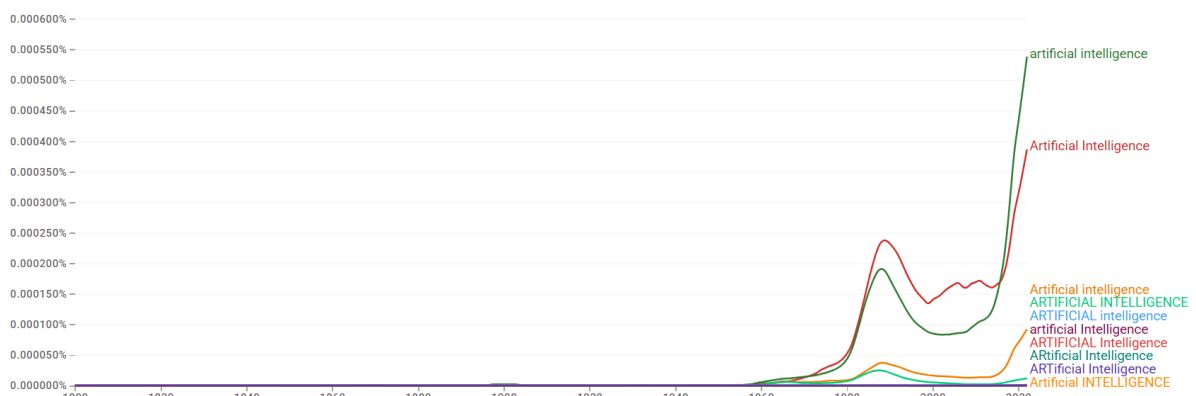
dos objetos e relações nesse domínio. [...] A abordagem que adotamos é adequada para o desenvolvimento de bases de conhecimento para fins específicos, cujo domínio é cuidadosamente circunscrito e cuja gama de consultas é conhecida antecipadamente.

Mesmo sendo uma área emergente, a criação de IAs especializadas apresentavam fragilidades, como a imprevisibilidade de falhas quando confrontado com situações e regras não codificadas, a falta de escalabilidade de um domínio específico para um domínio maior, ou mesmo a própria Explosão Combinatória, visto que codificar todo o conhecimento necessário para alguma determinada área se mostrou uma tarefa infundável (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Quando as limitações dos Sistemas Especialistas tornaram-se inegáveis, o interesse comercial entrou em rápido declínio, culminando no segundo período de *AI Winter*, ocorrido entre o final da década de 1980 e o início da década de 1990 (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Convém destacar que, mesmo durante os períodos de Inverno da IA, a área continuou a apresentar desenvolvimento significativo, como observado na Figura 3, que indica a frequência relativa de ocorrência do termo *Artificial Intelligence* em livros, conforme a ferramenta *Google Ngram Viewer*⁹.

Figura 3 – Frequência do termo “Artificial Intelligence” e variações no corpus do Google Books (1800–2022)



Fonte: Elaborado pelo autor a partir do Google Ngram Viewer (2026)

Portanto, ainda no segundo *Inverno da IA*, houve avanços paralelos que potencializaram o desenvolvimento da área, como o trabalho de David Rumelhart (1942–2011), Geoffrey Hinton (1947–) e Ronald Williams (1945–2024), ao publicarem o artigo *Learning*

⁹ O Google Ngram (ou Google Ngram Viewer) é uma ferramenta que permite consultar a frequência de ocorrência de palavras e expressões (n-grams) ao longo do tempo em um grande conjunto de livros digitalizados pelo Google.

representations by back-propagating errors — traduzido como *Aprendendo representações por retropropagação de erros*¹⁰.

Nessa obra, os autores introduzem o algoritmo de retropropagação — no original, *backpropagation* —, que possibilita o treinamento de redes neurais com múltiplas camadas internas. Tal avanço permite que o próprio sistema aprenda representações intermediárias relevantes para a tarefa, o que não era viável em modelos anteriores baseados em perceptrons simples, superando, assim, as limitações apontadas por Minsky e Papert alguns anos antes (RUMELHART; HINTON; WILLIAMS, 1986).

A partir de 1987, observa-se um reequilíbrio entre as abordagens: de um lado, a IA simbólica continuou relevante em tarefas estruturadas (planejamento, sistemas baseados em conhecimento e raciocínio); de outro, a IA conexionista recuperou espaço ao oferecer modelos que, sob condições adequadas de dados e processamento, passaram a apresentar melhor desempenho em tarefas de reconhecimento de padrões (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Em 1988, o livro *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems*, de Judea Pearl (1936–), possibilitou o desenvolvimento de um raciocínio rigoroso diante da incerteza, ao sistematizar o uso da probabilidade como ferramenta formal para representação e inferência em sistemas inteligentes (RUSSELL; NORVIG, 2010).

Uma rede Bayesiana —também chamada de rede de crença— pode ser entendida como um mecanismo lógico disciplinado para transformar evidências em conclusões revisáveis, desde que a estrutura do raciocínio seja cuidadosamente organizada. Utiliza uma estrutura de **Grafos**¹¹, tendo como fundamento principal o **Teorema de Bayes**¹² (GONÇALVES, 2009).

Pearl (1988) argumenta que a teoria da probabilidade não deve ser vista apenas como cálculo de frequências ou números, mas como uma linguagem estrutural que captura perfeitamente como os humanos raciocinam intuitivamente. O autor conclui que a probabilidade fornece regras consistentes para lidar com exceções, evidências conflitantes e incertezas, algo que a lógica clássica não conseguia fazer sem criar paradoxos. De acordo com Russell e Norvig (2010, p. 26, tradução nossa);

O formalismo da rede bayesiana foi inventado para permitir a representação eficiente e o raciocínio rigoroso com conhecimento incerto. Essa abordagem supera em grande parte muitos problemas dos sistemas de

¹⁰ Para se aprofundar na técnica, ver Rumelhart, Hinton e Williams (1986). Vale mencionar que o método foi baseado na obra de Arthur Earl Bryson (1925–) e Yu-Chi Ho (1934–), intitulada *Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control*.

¹¹ Grafos são estruturas matemáticas compostas por vértices (nós) e arestas (conexões), sendo utilizados para representar objetos e as relações estabelecidas entre eles.

¹² O Teorema de Bayes é um teorema de **probabilidade condicional**, ele descreve a probabilidade de um determinado evento A dado que um evento B ocorreu. O teorema pode ser descrito pela relação $P(A|B) = \frac{P(B|A) \cdot P(A)}{P(B)}$.

raciocínio probabilístico das décadas de 1960 e 1970; agora ela domina a pesquisa em IA sobre raciocínio incerto e sistemas especialistas.

O avanço combinado de **poder computacional**, **disponibilidade de dados** (em larga escala, impulsionada pela internet) e **aperfeiçoamento de algoritmos**—principalmente dos associados ao desenvolvimento das redes neurais— favoreceu um salto de desempenho, sobretudo nas técnicas conexionistas que se consolidaram sob o rótulo de *deep learning*, anos mais tarde (WOOLDRIDGE, 2021; SOBREIRA, 2025).

Anos mais tarde, em 2006, Geoffrey Hinton publica o trabalho *Learning Multiple Layers of Representation*, no qual mostra como treinar redes neurais profundas de forma eficaz (MUCCI, s.d.). De acordo com Mucci (s.d.),

essa abordagem representa uma mudança das redes neurais tradicionais para o que hoje chamamos de *deep learning*, possibilitando que as máquinas aprendam representações hierárquicas complexas de dados.

Um marco importante no desenvolvimento da Inteligência Artificial foi o *AlphaGo*, desenvolvido pelo *Google DeepMind*, quando, em 2016, disputou e venceu uma partida do jogo Go contra o jogador sul-coreano Lee Sedol, um dos melhores do mundo. O que representou um avanço significativo, uma vez que o número de jogadas possíveis no Go é superior ao número estimado de átomos no universo, o que evidencia o progresso e o poder do *deep learning* na resolução de tarefas estratégicas complexas que envolvem raciocínio (MUCCI, s.d.; SOBREIRA, 2025).

Pouco depois, em junho de 2017, Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Lukasz Kaiser e Illia Polosukhin, um grupo de pesquisadores do Google publicaram o artigo *Attention Is All You Need*, introduzindo a arquitetura **Transformer** (SOBREIRA, 2025; VASWANI et al., 2017; STRYKER; BERGMANN, s.d.).

Sua relevância reside no fato de ter superado as limitações das tecnologias anteriores, que processavam dados de forma sequencial e lenta; em contraste, o Transformer utiliza um mecanismo conhecido como **autoatenção**, que permite ao modelo analisar uma sequência inteira de dados de uma só vez, identificando instantaneamente como cada palavra se relaciona com todas as outras, independentemente da distância entre elas no texto (STRYKER; BERGMANN, s.d.; VASWANI et al., 2017).

Essa mudança permitiu o processamento paralelo massivo e o treinamento com volumes de dados sem precedentes, tornando-se o divisor de águas fundamental que viabilizou a era moderna da IA Generativa. Com o estabelecimento da arquitetura Transformer, a pesquisa em modelos de linguagem passou a concentrar-se de maneira decisiva em estratégias de pré-treinamento em larga escala e no aumento do número de parâmetros (STRYKER, s.d.). Atualmente, esta arquitetura serve como a base estrutural para os

sistemas mais avançados do mercado, incluindo os **Grandes Modelos de Linguagem (LLMs)**¹³ (STRYKER; BERGMANN, s.d.; STRYKER, s.d.).

Nesse contexto, o ano de 2018 marcou um ponto de inflexão com o surgimento de modelos como o **BERT** (*Bidirectional Encoder Representations from Transformers*) e o **GPT-1** (*generative pre-trained transformer*). De acordo com Academy (s.d.), o BERT, desenvolvido pelo Google, faz uso do Transformer, e,

[...] ao contrário dos modelos direcionais, que lêem a entrada de texto sequencialmente (da esquerda para a direita ou da direita para a esquerda), o codificador Transformer lê toda a sequência de palavras de uma vez.

Em paralelo, o GPT-1, proposto pela OpenAI¹⁴, demonstrou que um modelo treinado para prever a próxima palavra poderia, após ajustes mínimos, ser adaptado a uma ampla variedade de tarefas linguísticas. Todavia, mesmo representando um marco na IA, apresentava informações inverídicas como se fossem verdadeiras (BELCIC; STRYKER, s.d.).

Esse movimento atingiu novo patamar em 2020 com o lançamento do GPT-3, também pela OpenAI. Com aproximadamente 175 bilhões de parâmetros, o modelo representou um salto qualitativo significativo em relação às versões anteriores, evidenciando capacidades de executar tarefas complexas a partir de poucos exemplos, sem a necessidade de treinamento adicional específico (OPENAI, 2021; MUCCI, s.d.). O sistema treinado exclusivamente para modelar distribuições estatísticas de texto passou a exibir comportamentos como escrita criativa, geração de código, explicações conceituais e formas elementares de raciocínio lógico, sem ter sido explicitamente programado para essas finalidades (BELCIC; STRYKER, s.d.).

Paralelamente a esses avanços técnicos, ocorreu uma transformação de natureza social e comercial sem precedentes com o lançamento do ChatGPT, em novembro de 2022. Embora baseado no GPT-3.5 e, portanto, não representasse uma ruptura arquitetural, o ChatGPT introduziu uma interface conversacional simples e acessível, permitindo que usuários sem formação técnica interagissem diretamente com modelos de linguagem avançados.

A velocidade de adoção foi extraordinária, alcançando dezenas de milhões de usuários em poucas semanas e estabelecendo um novo marco na história da difusão de softwares digitais. Segundo o site (ACADEMY, 2025), o crescimento rápido do ChatGPT superou, com larga margem, o crescimento de qualquer outra plataforma na história, atingindo 100 milhões de usuários em apenas dois meses após seu lançamento.

¹³ “Os grandes modelos de linguagem (LLMs) são uma categoria de modelos de deep learning treinados em imensas quantidades de dados, tornando-os capazes de entender e gerar linguagem natural e outros tipos de conteúdo para executar uma grande variedade de tarefas” (STRYKER, s.d.).

¹⁴ A OpenAI é uma organização estadunidense dedicada à pesquisa em inteligência artificial, estruturada como uma entidade sem fins lucrativos — a OpenAI Incorporated — que controla uma subsidiária com fins lucrativos, a *OpenAI Limited Partnership*.

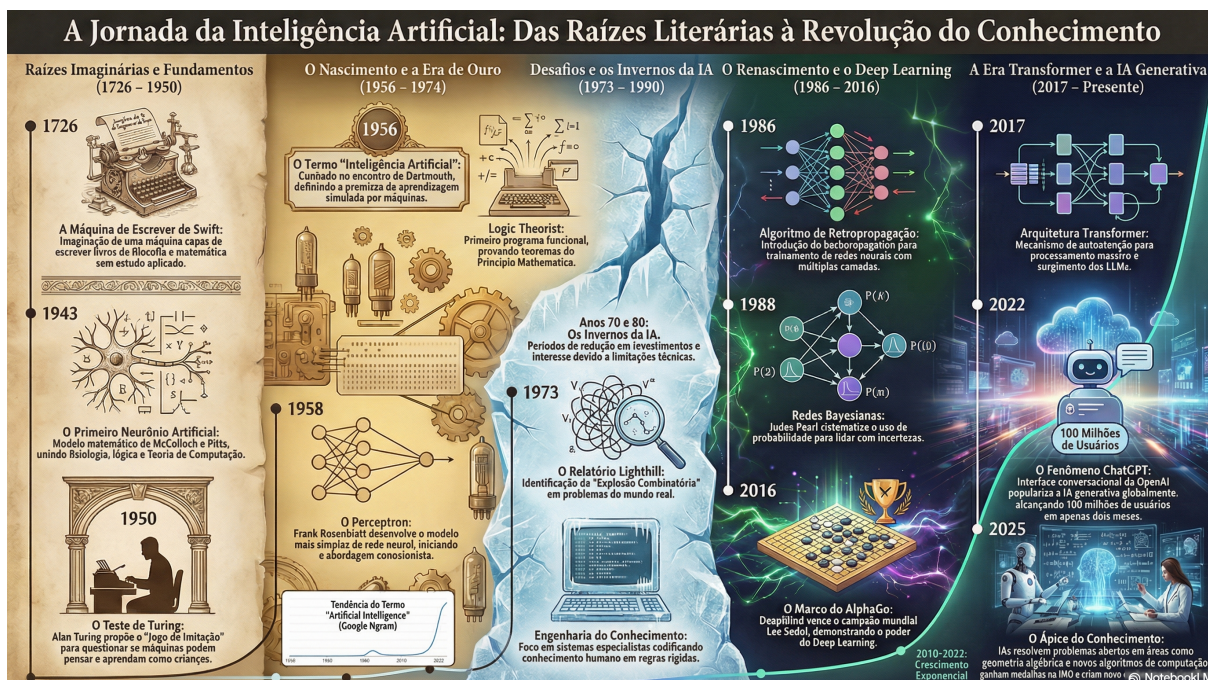
Atualmente, existem diversos modelos de **LLM** que apresentam avanços significativos. Conforme indicado em Mucci (s.d.), observa-se que, desde 2023, esses avanços têm ocorrido em um ritmo mais acelerado do que em períodos anteriores, com novas versões e capacidades sendo introduzidas em intervalos cada vez mais curtos, muitas vezes de apenas alguns meses.

De acordo com Bortolossi (2026, p. 2-3), em 2025 observa-se um ápice no avanço recente das inteligências artificiais, marcado por conquistas inéditas em matemática, ciência e programação, nas quais sistemas de IA não apenas executam tarefas complexas, mas contribuem ativamente para a produção de novo conhecimento, dentre as quais, destaca-se:

- Descobertas feitas pelo Google DeepMind para as equações de Navier-Stokes. As equações de Navier-Stokes são fundamentais para a mecânica dos fluidos, descrevendo matematicamente o movimento de líquidos e gases. Sua importância é imensa: permitem prever o comportamento de fluidos em aplicações que vão desde a previsão meteorológica e o estudo de correntes oceânicas até o projeto de aeronaves, turbinas e sistemas de circulação sanguínea.
- O ChatGPT-5 e o Gemini 3 resolvem um problema aberto em geometria algébrica com criatividade e autonomia, demonstrando raciocínio matemático avançado ao desenvolverem abordagens inovadoras que surpreenderam especialistas da área.
- IAs da OpenAI e do Google conseguem medalha de ouro na IMO International Mathematical Olympiad (Olimpíada Internacional de Matemática).
- O AlphaEvolve, um agente de programação baseado no Gemini, descobriu automaticamente novos algoritmos que melhoraram a eficiência da multiplicação de matrizes, reduzindo o número de multiplicações escalares necessárias e superando limites anteriormente conhecidos. O sistema também encontrou soluções inovadoras para problemas geométricos de empacotamento, alcançando configurações mais densas que as tradicionais. Esses resultados evidenciam que, em 2025, a IA contribui ativamente para a descoberta de conhecimento matemático novo, com impacto direto em algoritmos e aplicações práticas em computação.
- Ainda em 2025, a OpenAI conseguiu o segundo lugar no *At Coder World Tour Finals 2025* (Divisão Heurística), um grande concurso de programação realizado em Tóquio. O evento, que atrai os doze melhores programadores do mundo, notabilizou-se por ser uma maratona de 10 horas que testou a criatividade heurística e a resistência dos participantes, e não a velocidade de resposta em tempo real. Todos os competidores, incluindo a inteligência artificial da OpenAI (que competiu com um modelo especialmente preparado), programaram no local, submetendo soluções iterativas para maximizar a pontuação final.

Na Figura 4, apresenta-se um infográfico que sintetiza os principais fatos discutidos nesta seção. Ressalta-se que o material foi gerado pela plataforma *NotebookLM* a partir do conteúdo desta seção e, embora apresente erros do tipo *gibberish*¹⁵, mantém uma estrutura coesa e coerente com a linha temporal apresentada.

Figura 4 – Síntese histórica do desenvolvimento da Inteligência Artificial



Fonte: Elaboração do próprio autor, com uso da plataforma NotebookLM (2026).

2.2 Estado da Arte

Nesta seção aborda-se as pesquisas encontradas na Base Nacional de Dissertações do PROFMAT para embasar o estado atual das investigações sobre IA no ensino/aprendizagem de Matemática. Para isso, realizou-se uma busca na base de dissertações do Profmat pela expressão “*Inteligência Artificial*”, sendo encontradas nove pesquisas.

Foram encontradas nove dissertações e, a partir delas, fez-se uma análise crítica de cada uma, a fim de embasar a pesquisa.

A seguir, lista-se na tabela 1 as dissertações encontradas.

¹⁵ Linguagem ininteligível ou sem sentido.

Tabela 1 – Dissertações Profmat com tema Inteligência Artificial

Título	Autor	Ano de defesa
O uso da Inteligência Artificial no Ensino da Matemática	Arthur Peixoto Marques	2020
Desafios e possibilidades do uso de Inteligência Artificial generativa na elaboração e revisão de itens de Matemática	Andrey Camurça da Silva	2023
Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: da teoria ao algoritmo pronto no Ensino Médio	Diogo Alves Brandão	2023
Desmistificando a Inteligência Artificial para alunos do Ensino Médio: explorando conceitos e Matemática fundamentais	Rodrigo Cesar Mesquita Gomes	2024
Explorando a Inteligência Artificial generativa como apoio aos docentes de Matemática	Carla Adriana Riegel	2024
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	2024
Inteligência Artificial no Ensino de Matemática: potencialidades e desafios para professores	Symon Igor Pinheiro da Silva Lima	2025
A Inteligência Artificial no Ensino da Matemática: possibilidades de aplicações nas turmas do Ensino Médio	Elvis Gonçalves Carvalho	2025
Inteligência Artificial na Educação: uma abordagem comparativa das propostas dos governos por meio de análise documental	Breno Enrique Santos da Silva	2025

Fonte: Banco Nacional de Dissertações Profmat

Dentre as dissertações encontradas, uma é de 2020, duas de 2023, três de 2024 e três de 2025, esta configuração reflete o grande avanço a partir de 2023, como mencionado na Seção 2.1. A seguir, segue uma breve análise crítica das dissertações.

2.2.1 O uso da Inteligência Artificial no Ensino da Matemática

Autor: Arthur Peixoto Marques (2020)

Marques (2020) configura-se como um dos trabalhos pioneiros, no âmbito das dissertações do Profmat, ao tematizar a inteligência artificial (IA) no ensino de Matemática. A pesquisa aborda ferramentas com potencial de apoio ao professor em sala de aula e realiza um mapeamento de softwares no cenário nacional e internacional, em período anterior à ampla disseminação e massificação do uso de IAs pela população.

Inicialmente, o autor contextualiza a presença dessas tecnologias em diferentes áreas do conhecimento, contemplando exemplos como correção de redações, aplicações educacionais e usos em campos como saúde e política. Em seguida, discute-se o emprego

de IA no ensino de Matemática e suas potencialidades pedagógicas. Cabe destacar que, embora a dissertação tenha sido defendida em 2020, anterior ao processo de massificação das IAs, as aplicações apontadas mostram-se alinhadas e vêm se consolidando no cenário atual.

Com isso, o autor apresenta um panorama do uso de IA na Educação e de suas potencialidades, articulando-o a um retrato do contexto mundial e nacional de IA e tecnologias digitais em 2020, marcado pela expansão do ensino mediado por recursos digitais. Por fim, são apresentados softwares e sistemas voltados ao ensino de Matemática, a saber: *Cognitive Tutor* (ou *Math*), *PAT2MATH*, *ASSISTments* e a *Plataforma Adaptativa de Matemática no Uruguai (PAM)*, as duas últimas não são baseadas em inteligência artificial, mas mantêm foco no apoio ao trabalho docente e discente.

2.2.2 Desafios e possibilidades do uso de Inteligência Artificial generativa na elaboração e revisão de itens de Matemática

Autor: Andrey Camurça da Silva (2023)

[Silva \(2023\)](#) tem como foco de sua pesquisa o ensino, mais especificamente, a *elaboração de itens*, aspecto fundamental para todo professor de matemática, uma vez que questões bem estruturadas revelam o raciocínio do estudante, no caso das questões abertas, e em questões fechadas, viabilizam as avaliações em larga escala.

O autor aborda e avalia a elaboração de itens por IA, sobretudo, utilizando o *ChatGPT* e o *Bing Chat*. Destaca-se, na análise, a importância dos prompts, com a apresentação de um passo a passo bem estruturado nas solicitações feitas as IA's. As ferramentas foram avaliadas na elaboração de itens para alunos finalistas do Ensino Fundamental, anos finais. O foco na elaboração foi a Unidade Temática *Números e Operações/Álgebra e Funções*, conforme a Matriz de Referência do Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb).

O *ChatGPT* apresentou boa estrutura na criação e apresentação dos itens, além de apresentar e justificar a resposta correta das questões, todavia, não mostrou eficácia nas justificativas dos possíveis erros cometidos na resolução das questões.

Já o *Bing Chat* apresentou, no contexto da pesquisa, três modos de interação, o Criativo, Balanceado e Preciso, com preferência para este último, visto que os demais apresentaram expectativas aquém do esperado. Observou-se que a ferramenta demonstrou eficácia na elaboração de itens de menor complexidade.

Todavia, o software apresentou limitações significativas na elaboração de itens de maior complexidade, mesmo dentro de um mesmo objeto matemático, a exemplo, a ferramenta foi eficaz na resolução de problemas envolvendo equações polinomiais do 2º

grau, mas ineficaz na geração de problemas envolvendo a inferência do mesmo tipo de equações, fornecendo informações insuficientes para sua resolução. Vale aqui ressaltar que o *Bing Chat* é atualmente denominado *Copilot*.

O autor conclui que embora tais tecnologias apresentem grande potencial, ainda apresentam erros estruturais na elaboração e correção de itens, caracterizando-os como esboços elementares que atendem adequadamente as habilidades informadas. Desta forma, cabe ao professor a análise crítica e cautela no uso de tais sistemas.

Ressalta-se, por fim, que, embora a pesquisa tenha cumprido adequadamente seus objetivos, atualmente as tecnologia de IA estão mais desenvolvidas e estruturadas, o que reduz de forma significativa os erros cometidos e as *alucinações*, consolidando esses sistemas como assistentes mais robustos no contexto educacional.

2.2.3 Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: da teoria ao algoritmo pronto no Ensino Médio

Autor: Diogo Alves Brandão (2023)

[Brandão \(2023\)](#), em sua pesquisa, conceitua e explora o Aprendizado de Máquina, com ênfase na *Máquina de Suporte Vetorial (SVM)*, implementando-o como recurso didático e tecnológico associado à Matemática do Ensino Médio. O autor aborda o tema desde o viés histórico, iniciando com Alan Turing (1912–1954) e os primeiros esboços do que viria a evoluir para o *Aprendizado de Máquina*, ou, no original, *Machine Learning (ML)*, até chegar à transposição didática desse conteúdo para o contexto da sala de aula.

Além disso, convém salientar que a dissertação não tem como foco o processo de ensino e aprendizagem mediado por Inteligências Artificiais, mas sim o ensino do objeto Aprendizado de Máquina e de alguns de seus procedimentos fundamentais, como o denominado *Truque de Kernel*, que consiste em uma estratégia de projeção dos dados em um espaço de maior dimensão, com o objetivo de facilitar sua análise e organização.

2.2.4 Desmistificando a Inteligência Artificial para alunos do Ensino Médio: explorando conceitos e Matemática fundamentais

Autor: Rodrigo Cesar Mesquita Gomes (2024)

[Gomes \(2024\)](#), em seu trabalho, tem como objetivo simplificar e tornar acessíveis, para estudantes do Ensino Médio, os princípios matemáticos que sustentam a Inteligência Artificial, com ênfase em Aprendizado de Máquina e Redes Neurais Artificiais, colocando a Matemática como linguagem explicativa da IA, evitando uma abordagem puramente instrumental, visando a necessidade de compreender o que está por trás dos modelos. Além disso, o autor enfatiza a importância de introduzir a IA no contexto escolar, discutindo

conceitos, aplicações e implicações, de modo a preparar os alunos para desafios futuros na interseção entre Matemática, tecnologia e educação.

O autor enfatiza que não se trata apenas do uso de IA na escola, mas analisar e divulgar os aspectos matemáticos essenciais por trás dessas tecnologias, de forma compatível com o nível do Ensino Médio, buscando tornar compreensível a complexidade envolvida.

No desenvolvimento teórico, ele organiza de forma breve e resumida fundamentos matemáticos que aparecem como base de sustentação da IA, com destaque para os tópicos Cálculo, Probabilidade e Estatística e Geometria Analítica, abrangendo subtópicos como Gradiente e as Equações da Reta e do Plano.

Outro ponto de destaque foi o desenvolvimento das chamadas *Redes Neurais*, fundamentais aos sistemas de IA, e sua aplicação no Ensino Médio de forma didática e lúdica, o autor aborda a construção de um computador não digital que simule o aprendizado de máquina e as redes neurais, além de abordar exemplos claros e didáticos acerca do tema redes neurais, utilizando conceitos apenas de Matemática Básica, como Função Afim.

2.2.5 Explorando a Inteligência Artificial generativa como apoio aos docentes de Matemática

Autor: Carla Adriana Riegel (2024)

Riegel (2024) propõe-se a investigar como a Inteligência Artificial (IA), com destaque ao ChatGPT, pode auxiliar professores de Matemática no planejamento de suas aulas. Inicialmente, é realizado um levantamento bibliográfico em bases científicas, seguido da elaboração de planos de aula e listas de atividades para os anos finais do Ensino Fundamental, os quais são confrontados com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A partir desses resultados, a autora desenvolve uma cartilha de boas práticas voltada à docentes.

O estudo evidencia que a IA pode ser uma ferramenta eficaz para a geração de sugestões pedagógicas, jogos e atividades, porém não substitui a elaboração de planos de aula completos, dada a necessidade de adequação às diretrizes institucionais e às especificidades de cada contexto escolar. Nesse sentido, o ChatGPT é considerado mais como aliado do que substituto no processo educativo. Contudo, nota-se uma limitação importante: a dissertação restringe sua análise ao ChatGPT, sem explorar outras ferramentas de IA com potencial pedagógico complementar.

2.2.6 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

Autor: Julius Kahoru Yassaki Filho

Filho (2024), em sua pesquisa, articula a IA com a Modelagem Matemática (MM) e a Resolução de Problemas (RP) como ferramentas para potencializar o processo de ensino-aprendizagem. A fundamentação teórica é sólida, contemplando a transição cognitiva do pensamento operatório concreto para o abstrato, segundo a perspectiva piagetiana. A investigação foi realizada com cinco estudantes do 7º ano, em cinco encontros, centrando-se em conteúdos algébricos.

Entre os pontos positivos, destaca-se a inclusão do Letramento Matemático (LM), ainda que de forma breve, como aspecto fundamental para a construção de senso crítico e da capacidade de aplicar a Matemática em contextos sociais. Além disso, a pesquisa trabalha tópicos relevantes como o uso ético da IA e a análise de *fake news*, ainda que não tenham sido aprofundados.

Todavia, algumas limitações podem ser apontadas. A dissertação não apresenta uma conclusão avaliativa, encerrando-se na culminância dos encontros sem verificar de forma consistente se os objetivos propostos foram alcançados. A análise de dados carece de maior sistematização, restringindo-se a uma descrição dos processos. Outro ponto de ampliação seria explorar as potencialidades da IA tanto para professores quanto para alunos em aspectos burocráticos, cognitivos e éticos.

2.2.7 Inteligência Artificial no Ensino de Matemática: potencialidades e desafios para professores

Autor: Symon Igor Pinheiro da Silva Lima (2025)

Lima (2025) discute diferentes potenciais na utilização de sistemas de IA na prática docente, com destaque para o suporte à criação de slides — como exemplo cita-se o Gamma App—, elaboração de planos de aula, sequências didáticas, gamificação (como o Escape Room), além da organização de documentos e planilhas. O autor enfatiza o caráter auxiliar da IA, ressaltando que a geração dos materiais parte do docente, e não exclusivamente dos sistemas inteligentes.

Embora a pesquisa cumpra os objetivos a que se propõe, algumas limitações podem ser destacadas. O trabalho não contempla de maneira ampla o cenário atual de ferramentas de IA, restringindo-se a poucos exemplos, ainda que existam aplicações já capazes de gerar documentos (Word, planilhas, PDFs) ou mesmo recursos mais avançados, como a criação de jogos digitais (*Claude*), músicas (*Suno*) ou podcasts (*NotebookLM*).

Outro aspecto pouco explorado refere-se às questões éticas e aos riscos pedagógicos, como a dependência cognitiva e possíveis prejuízos ao desenvolvimento intelectual dos estudantes, ponto de relevância crescente em estudos contemporâneos. Finalmente, observa-se que a dissertação não analisa de forma sistemática a aplicação da IA na identificação e tratamento de erros dos estudantes, um campo promissor no ensino de Matemática.

2.2.8 A Inteligência Artificial no Ensino da Matemática: Possibilidades de aplicações nas turmas do Ensino Médio

Autor: Elvis Gonçalves Carvalho (2025)

Carvalho (2025) tem como foco discutir possibilidades de integração da Inteligência Artificial (IA) no ensino de Matemática em turmas do Ensino Médio, destacando-a tanto como ferramenta de apoio ao docente quanto como recurso auxiliar ao discente. O autor defende que a IA pode contribuir no planejamento e elaboração de aulas, favorecendo a definição de objetivos específicos e a escolha de níveis cognitivos adequados às atividades propostas.

Nesse sentido, a dissertação organiza sua fundamentação e justificativa enfatizando aplicações como a elaboração de atividades e questões contextualizadas, potencialização de metodologias ativas e incentivo ao engajamento e participação discente.

No desenvolvimento teórico, o autor articula a IA às metodologias ativas, compreendendo tais metodologias como estratégias capazes de deslocar o estudante da posição de receptor para protagonista do processo de aprendizagem. Além disso, o autor enfatiza os riscos associados ao uso acrítico da Inteligência Artificial, apresentando exemplos de erros cometidos pela IA em questões de Matemática. Nesse sentido, destaca-se a importância do papel do professor em orientar os estudantes quanto à necessidade de uma postura crítica e reflexiva no uso dessas tecnologias.

Por fim, o autor apresenta uma oficina montada para seus estudantes em torno do *NotebookLM*, no qual seus estudantes enviam alguns arquivos no formato *PDF* e a partir de um prompt, são ajudados em exercícios presentes em um dos arquivos. Após isso, realizou-se um questionário com os estudantes a respeito da oficina. Destaca-se, no questionário, que os discentes, em grande parte, se mostraram confusos na realização da atividade.

Todavia, algumas limitações podem ser destacadas. Embora a dissertação apresente exemplos e possibilidades metodológicas relevantes, a avaliação do impacto da oficina concentra-se, sobretudo, na percepção dos estudantes via questionário, o que reduz a possibilidade de inferir, de forma mais consistente, efeitos sobre aprendizagem, desempenho e consolidação conceitual.

Ressalta-se, por fim, que [Carvalho \(2025\)](#) reconhece a atualidade do tema e as dificuldades de fundamentação teórica por se tratar de um campo recente na Educação Matemática, ao mesmo tempo em que defende que a IA pode auxiliar o professor na contextualização de conteúdos abstratos e na construção de experiências de aprendizagem mais dinâmicas e interativas.

2.2.9 Inteligência Artificial na Educação: uma abordagem comparativa das propostas dos governos por meio de análise documental

Autor: Breno Enrique Santos da Silva (2025)

[Silva \(2025\)](#) aborda a Inteligência Artificial sob uma perspectiva distinta dos trabalhos analisados até então. O objetivo central de sua pesquisa consiste em analisar, de forma sistemática e comparativa, as propostas e diretrizes governamentais relacionadas à regulamentação e à implementação da IA na Educação, em um cenário de abrangência mundial.

O autor inicia o trabalho contextualizando o tema e estabelecendo um paralelo entre as Metodologias Ativas e o uso da IA na Educação. Em seguida, discute a importância da IA no contexto político educacional, ressaltando que esse debate já vem sendo travado desde a inserção da IA nos currículos escolares até questões relacionadas à inclusão digital e à governança de dados educacionais, considerando que, atualmente, a educação tem sido cada vez mais mediada por algoritmos e sistemas automatizados.

Além disso, o autor destaca que diversos governos, incluindo o brasileiro, têm investido no desenvolvimento de políticas nacionais de Inteligência Artificial. Nesse sentido, afirma que a IA não deve ser compreendida apenas como uma tecnologia promissora, mas como um elemento estruturante das políticas educacionais contemporâneas, tensionando dicotomias como inovação e controle, aprendizagem personalizada e vigilância, bem como autonomia e centralização, diante dos riscos inerentes a essa tecnologia ([SILVA, 2025](#)).

Na sequência, o autor discute a regulamentação da IA em âmbito internacional, abordando o contexto de regiões como a Europa, Estados Unidos, China, Japão e mesmo o Brasil. Observa-se que, nos diferentes cenários geopolíticos analisados, há uma preocupação recorrente tanto com os riscos quanto com as promessas da IA — como, por exemplo, a Discriminação Algorítmica¹⁶ — bem como com os caminhos políticos para sua implementação. Destaca-se ainda que alguns países, como o Japão, reconhecem a IA como um pilar fundamental da chamada *Quarta Revolução Industrial*.

¹⁶ A discriminação algorítmica refere-se aos padrões sistemáticos de tratamento desigual resultantes do uso de algoritmos e sistemas de inteligência artificial que produzem resultados enviesados ou injustos contra determinados grupos sociais. OLIVEIRA JÚNIOR, Paulo Cosmo de. Discriminação algorítmica e a violação dos direitos fundamentais. Migalhas, 6 jun. 2025. Disponível em: <<https://www.migalhas.com.br/depeso/431950/discriminacao-algoritmica-e-a-violacao-dos-direitos-fundamentais>> . Acesso em: 20 jan. 2026.

Por fim, o autor apresenta uma proposta de inserção da IA na Educação Brasileira, estruturada a partir dos seguintes eixos:

- Governança e planejamento interministerial;
- Formação ética e técnica para professores, estudantes e gestores escolares;
- Harmonização legislativa;
- Infraestrutura tecnológica.

Nesse contexto, descreve o desenho de uma escola piloto de tempo integral, articulada a um programa de formação docente continuada, e enfatiza a necessidade de vincular o desenvolvimento tecnológico a um compromisso ético e a propósitos educacionais bem definidos.

Ressalta-se que, de acordo com [Silva \(2025\)](#), a Inteligência Artificial já pode ser considerada um elemento estratégico fundamental no que diz respeito à competição internacional, à soberania digital e à qualidade da educação.

2.3 Análise Crítica do Estado da Arte e Justificativa da Pesquisa

À luz do Estado da Arte analisado, observa-se que as pesquisas sobre Inteligência Artificial no ensino de Matemática, embora apresentem um avanço expressivo a partir de 2023, ainda se concentram, em grande parte, em aplicações de caráter instrumental — como apoio ao professor na elaboração de materiais e itens — e em experiências pontuais. Nesse cenário, nota-se menor sistematização de evidências relacionadas à aprendizagem matemática, ao desempenho e à consolidação conceitual dos estudantes.

Diante dessas lacunas, a presente dissertação justifica-se por buscar avançar para além do uso da IA como mera ferramenta de produção de recursos, propondo uma integração pautada por intencionalidade pedagógica e rigor matemático, com critérios explícitos de validação, análise crítica e responsabilidade no uso dessas tecnologias.

Assim, este trabalho propõe contribuir tanto no plano didático quanto no formativo, ao estruturar uma proposta aplicável ao contexto escolar, evitando o uso acrítico das tecnologias e favorecendo práticas que otimizem de forma significativa o trabalho docente.

3 Principais IAs no cenário atual

Quando se trata de Inteligências Artificiais, observa-se que determinadas empresas se destacam em diferentes aspectos, tanto no desenvolvimento de IAs de caráter generalista quanto na criação de IAs com finalidades específicas.

Este capítulo não tem como objetivo hierarquizar as inteligências artificiais, mas sim evidenciar suas respectivas potencialidades, considerando que se trata de um campo em constante evolução, no qual eventuais classificações estão sujeitas a revisões e mudanças.

As Inteligências Artificiais generativas são, de acordo com [Stryker e Scapicchio \(s.d.\)](#), capazes de processar e executar uma ampla gama de tarefas, adaptando-se a diferentes situações e áreas. Além disso, podem analisar e interagir com diversas fontes de informação, a exemplo de textos, imagens, vídeos, arquivos de texto, voz, entre outros tipos de entrada.

Em um primeiro momento, são abordadas as inteligências artificiais generativas de caráter generalista, que de acordo com alguns benchmarks¹, como [Epoch \(s.d.\)](#) e [Team \(2025\)](#), destacam-se o **ChatGPT**, o **Gemini** e o **Claude**. Merece destaque, nesse contexto, o fato de algumas dessas plataformas possibilitarem a criação de aplicativos e a integração em sistemas baseados em nós, como ocorre, por exemplo, com o *Google Opal*, desenvolvido pelo Google, que permite automatizar tarefas outrora repetitivas.

Destaca-se, também, no contexto das IAs generativas, o ecossistema que pode ser estruturado em seu entorno, como ocorre com o Gemini, que apresenta integração nativa com ferramentas como **Google Drive**, **Google Docs**, **Google Apresentações** e **Google Forms**, entre outras.

No que se refere às IAs voltadas à pesquisa de dados na internet, destaca-se especialmente o **Perplexity**, cuja estrutura foi concebida para oferecer respostas fundamentadas em bases de dados atualizadas e verificáveis, seja em bancos de teses, dissertações e artigos, seja no próprio acervo de vídeos do *YouTube*.

Ainda no âmbito da pesquisa, cita-se o **NotebookLM**, que pode ser utilizado para explorar fontes previamente selecionadas. Essa ferramenta responde pautada exclusivamente nessas fontes, indicando, inclusive, trechos e páginas que corroboram a análise realizada.

Já no domínio das IAs de foco específico, é possível evidenciar uma ampla variedade de aplicações. Para geração de áudios narrados e podcasts, pode-se listar o **Google IA Studio**, o **ElevenLabs**, além do próprio **NotebookLM**, com sua funcionalidade

¹ Benchmark é um padrão de referência, métrica ou ponto de comparação utilizado para avaliar o desempenho de produtos, serviços, processos ou estratégias de negócios em relação aos concorrentes ou líderes do mercado.

de criação de *podcasts*. Para elaboração de apresentações e slides, podem ser citados o **Gamma App** e o **Teachy**— este último com foco no auxílio ao trabalho docente e alinhado à Base Nacional Comum Curricular (BNCC), apresentando inclusive, diversas funcionalidades. No campo da criação musical, a **IA Suno** tem se mostrado proeminente.

Outro aspecto relevante diz respeito ao surgimento de navegadores com recursos integrados de IA, como o **Comet**, da **Perplexity AI**, o **Atlas**, da **OpenAI**, e o **Edge**, da **Microsoft**, capazes de automatizar tarefas anteriormente consideradas repetitivas e demoradas, como a elaboração de documentos, planilhas e outros tipos de conteúdo, além da capacidade de operar diretamente no navegador, executando ações e conduzindo fluxos de navegação de forma autônoma.

Além disso, outro ponto de destaque em algumas IAs é a possibilidade de **chat em grupo**, funcionalidade que favorece o estudo coletivo e uma aprendizagem pautada no diálogo entre pares.

Dentre as funcionalidades das IAs generativas atuais, pode-se listar:

1. **Compreensão e geração de respostas em linguagem natural (incluindo multimodalidade):** IAs generativas atuais podem interpretar e produzir linguagem natural de forma contextualizada, mantendo a coerência ao longo de turnos de conversa e ajustando o registro (mais formal, técnico ou didático) conforme a demanda do usuário, com a possibilidade de personalizar o tipo de resposta. Em modelos multimodais, também é possível analisar imagens (por exemplo, gráficos, fotografias de anotações e tabelas) e relacionar essas informações a explicações textuais, ampliando o uso em situações de estudo, revisão e apoio ao trabalho docente.
2. **Criação e reescrita de conteúdo:** Essas ferramentas podem gerar textos em diferentes gêneros (resumos, roteiros de aula, questões, exemplos, propostas de atividades, e-mails, relatórios) e reescrever trechos para melhorar clareza, coesão e adequação ao público-alvo. Em contexto acadêmico, tal potencial deve ser compreendido como apoio à escrita e à organização de ideias, e não como substituto autoral. Algumas plataformas permitem exportação, geração e integração com formatos usuais (por exemplo, **Word**, **PowerPoint** e **PDF**²) e, em certos casos, a geração de **imagens**.
3. **Apoio à busca e síntese de informações na web:** Quando a navegação está habilitada, a IA pode auxiliar na localização de informações em páginas da web e na síntese de conteúdos, destacando pontos-chave e comparando perspectivas. Contudo, essa funcionalidade requer uso crítico: a seleção de fontes deve ser avaliada quanto à qualidade, atualidade e credibilidade, e as informações relevantes precisam

² A qualidade da conversão para PDF pode variar; quando necessário, é preferível gerar o documento em \LaTeX e compilá-lo em um ambiente apropriado.

A seguir, são apresentadas, brevemente, algumas IAs disponíveis no mercado e suas funcionalidades.

Figura 6 – Templates de apostila em \LaTeX gerados por Inteligência Artificial



Fonte: Elaboração do autor, a partir de um template de Apostila gerado por uma IA generativa (Gemini) em \LaTeX (2026).

3.1 ChatGPT

Desenvolvida pela empresa **Openai**— startup voltada ao aprendizado de máquina—, o **ChatGPT** é um sistema de Inteligência Artificial voltado à interação conversacional, capaz de simular diálogos humanos por meio de texto ou voz. De acordo com [Belcic e Stryker \(s.d.\)](#), a ampla repercussão recente das IAs generativas está associada, principalmente, à popularização do ChatGPT, em novembro de 2022, fato que impulsionou o avanço acelerado de concorrentes, como o Gemini, do Google, e o Claude, da Anthropic, intensificando a atual corrida tecnológica no setor.

Esse cenário pode ser corroborado pelo crescimento exponencial da plataforma, que alcançou 100 milhões de usuários em apenas dois meses após seu lançamento, configurando-se como a plataforma digital com maior velocidade de adoção já registrada na história, conforme exposto por [Academy \(2025\)](#).

Além da ampla adesão, a ferramenta passou a ocupar lugar de destaque em discussões sobre produtividade, educação e inovação, em virtude de sua capacidade de apoiar desde tarefas de escrita e síntese até a resolução de problemas e a geração de código. Nesse contexto, observa-se também o avanço do desempenho de sistemas baseados em modelos de linguagem em desafios técnicos, o que tem contribuído para consolidar sua relevância no ecossistema tecnológico atual.

Além da ampla adesão, a ferramenta passou a ocupar lugar de destaque em discussões sobre produtividade e inovação, em virtude de sua capacidade de apoiar desde tarefas de escrita e síntese até a resolução de problemas e a geração de código. Nesse contexto, ressalta-se que a OpenAI ficou em segundo lugar no *AtCoder World Tour Finals 2025*, um grande concurso de programação realizado em Tóquio (BORTOLOSSI, 2026).

Em versões mais recentes, é possível organizar conversas, documentos e artefatos produzidos com a IA em ambientes específicos de trabalho, estruturando os diálogos em espaços temáticos (por exemplo, um conjunto de chats dedicado a uma disciplina, a um projeto ou a uma tarefa). Isso facilita a continuidade das discussões e a reutilização de materiais, como versões de textos, listas de exercícios e rascunhos de seções.

Outro ponto de destaque é a criação de chats com múltiplos participantes, o que amplia o uso do ChatGPT em contextos colaborativos, pois permite compartilhar dúvidas, hipóteses e justificativas, bem como construir sínteses coletivas em tempo real. Trata-se, ainda, de um recurso com potencial para o estudo entre pares em diferentes públicos:

- **Entre professores:** planejamento e troca de estratégias didáticas;
- **Entre estudantes da educação básica:** Resolução colaborativa e comparação de procedimentos;
- **Entre estudantes do ensino superior:** Debates conceituais, formalização e revisão de conteúdos.

Além disso, a personalização disponível no ChatGPT constitui um recurso relevante, ao permitir que o chatbot ajuste linguagem, profundidade conceitual e estilo argumentativo conforme instruções personalizadas, características gerais do usuário e memória contextual.

Tal mecanismo favorece maior precisão discursiva, continuidade temática e alinhamento ao nível técnico esperado, podendo potencializar processos de aprendizagem, pesquisa e produção intelectual. Neste cenário, a personalização amplia a eficiência informacional e a qualidade da interação, conforme ilustrado na Imagem 7.

Figura 7 – Tela de personalização do ChatGPT



Fonte: Elaboração do autor, a partir de captura de tela da funcionalidade de personalização do ChatGPT (2026).

Entretanto, essa adaptação também pode trazer riscos, especialmente no que se refere à dependência cognitiva e à diminuição do senso crítico. À medida que o ChatGPT passa a responder de acordo com as preferências do usuário, cria-se uma dinâmica de familiaridade que pode reforçar vieses e reduzir o contato com perspectivas alternativas.

Além disso, a sensação de proximidade e de respostas sempre adequadas pode gerar confiança excessiva, ocultando o caráter probabilístico e não autônomo do sistema. Assim, a personalização exige análise crítica sobre seus impactos no pensar crítico e na autonomia intelectual do usuário.

3.1.1 Prism

O **Prism** é, de acordo com [OpenAI \(s.d.\)](#), um ambiente de trabalho gratuito e unificado, em \LaTeX , com a possibilidade de trabalho colaborativo ilimitado, alimentado pelo modelo mais recente da OpenAI (GPT-5.2).

De forma geral, trata-se de uma plataforma que centraliza, em um mesmo espaço, a escrita e compilação do código em \LaTeX , a organização do projeto e o suporte de uma IA para tarefas recorrentes, como revisão textual, padronização de comandos e sugestões de ajustes de formatação.

Além disso, a presença de IA integrada ao editor pode apoiar a aprendizagem

no próprio \LaTeX , ao oferecer explicações sobre comandos, ambientes e mensagens de compilação, bem como propor soluções para erros comuns.

Esse aspecto é particularmente útil para estudantes em fase inicial de escrita acadêmica, pois diminui barreiras técnicas e favorece maior autonomia na produção de textos, sem dispensar a revisão crítica do conteúdo e das referências. Ademais, tende a tornar o processo de escrita mais fluido, inclusive para pesquisadores com experiência no uso de \LaTeX .

Com base nas descrições apresentadas em [OpenAI \(2026\)](#), pode-se destacar, no GPTPrism, as seguintes funcionalidades:

1. **Raciocínio no contexto do projeto:** possibilidade de dialogar com o GPT-5.2 Thinking para explorar ideias, testar hipóteses e raciocinar sobre problemas científicos complexos, considerando o contexto do documento em desenvolvimento.
2. **Rascunho e revisão com visão global do manuscrito:** elaboração e revisão de textos com acesso ao conteúdo integral do documento, incluindo trechos ao redor, equações, citações, figuras e a estrutura geral do trabalho.
3. **Pesquisa e incorporação de literatura:** apoio à busca e à integração de referências relevantes diretamente no contexto do manuscrito, com revisão do texto à luz de trabalhos relacionados identificados durante o processo.
4. **Integração entre elementos do texto científico:** criação e reestruturação de equações, citações e figuras, com uma IA que considera como esses elementos se conectam e se articulam ao longo do artigo.
5. **Conversão de anotações para \LaTeX :** transformação de equações, desenhos manuscritos ou diagramas do quadro branco diretamente em \LaTeX , reduzindo o tempo dedicado à edição de comandos (por exemplo, em `tikz`).
6. **Colaboração em tempo real:** edição conjunta com coautores, alunos e orientadores, com alterações, comentários e revisões atualizados de forma imediata.
7. **Edição por voz (opcional):** uso de comandos de voz para executar alterações simples sem interromper o fluxo de escrita ou de revisão.

Por fim, embora a IA amplie a produtividade, seu uso exige postura crítica, sugestões devem ser verificadas, especialmente em trechos conceituais, em citações e em adequações às normas acadêmicas. Assim, o Prism pode ser compreendido como um recurso de apoio à escrita e ao planejamento de materiais, cuja eficácia depende do modo como professores, pesquisadores e estudantes definem objetivos, critérios e rotinas de revisão. a [Figura 8](#) retrata o documento padrão gerado ao criar um novo documento no GPTPrism.

Figura 8 – Arquivo padrão do Prism

O que é o Prism?

Prism é um editor $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ com IA para escrever documentos científicos. Ele oferece colaboração em tempo real com coautores e inclui inteligência baseada na OpenAI para ajudar você a redigir e editar texto, raciocinar sobre ideias e lidar com formatação.

Recursos

O Prism inclui o ChatGPT diretamente no editor e pode acessar seu projeto, então você pode pedir coisas como:

“Adicione a equação da transformada de Laplace de $t \cos(at)$ à introdução.”

$$\mathcal{L}\{t \cos(at)\} = \frac{s^2 - a^2}{(s^2 + a^2)^2}$$

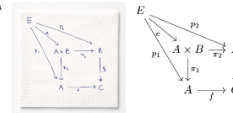
Na seção de resumo, “adicione uma tabela 4×4 ”.

1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16

“Escreva um abstract com base no restante do artigo.”

“Adicione uma bibliografia ao meu artigo e sugira trabalhos relacionados que eu possa ter perdido.”

“Gere este diagrama desenhado à mão em $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$.”



“Revise isto, destaque quaisquer erros ou lacunas de lógica e sugira como posso melhorar a clareza da seção.”

“Adicione quaisquer dependências que estejam faltando em todo o meu projeto.”

“Gere um resumo de 200 palavras para um público geral, em alemão.”

“Há corolários ou implicações posteriores do Teorema 3.1 que eu tenha perdido? Todos os limites são apertados, ou alguns podem ser relaxados?”

“Gere uma apresentação Beamer com cada slide em seu próprio arquivo.”

Colaboração

Convide colaboradores clicando no menu “Share”. Enquanto você edita, eles verão suas atualizações em tempo real. Você também pode deixar comentários destacando texto e selecionando “Leave a comment”.

Fonte: PrintScreen do arquivo padrão do Prism, com foco em suas funcionalidades (2026).

3.2 Gemini

O **Google Gemini**— ou apenas **Gemini** — é o grande modelo de *LLM* desenvolvido pelo Google, de forma ampla, trata-se de uma família de IA generativa (CABALLAR; STRYKER, s.d.). Um diferencial relevante está na integração com o ecossistema **Workspace** do Google, como **Google Docs**, **Apresentações**, **Planilhas**, **Forms**, **Gmail**, **Drive**, **AppSheet**, entre outras ferramentas, o que transforma a plataforma em um assistente efetivo de produção, revisão, síntese, organização e até gestão de informações.

Em um contexto educacional, essa integração permite, por exemplo, transformar objetivos de aula em sequências didáticas, gerar versões de atividades com níveis distintos de complexidade, construir rubricas, sintetizar devolutivas para turmas, montar formulários avaliativos e converter essas evidências em registros organizados em planilhas e documentos compartilháveis.

Além disso, há a integração com ferramentas de IA que otimizam diversos aspectos de estudo ou trabalho, como as automações de fluxo de trabalho do **New Gem** (antigo **Google Opal**), o ambiente de programação agêntico no **Google Antigravity**, o ambiente de estudo **NotebookLM**³.

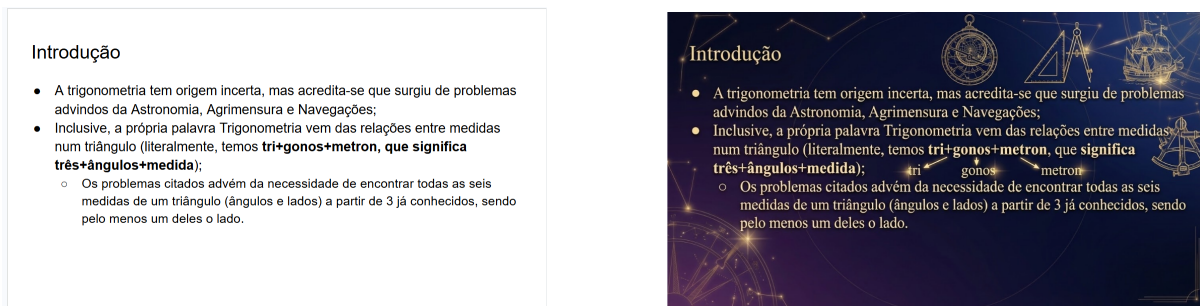
Abaixo estão listadas algumas de suas potencialidades:

1. **Workspace com IA integrada:** geração e reescrita de textos acadêmicos no Docs;

³ Este recurso terá uma seção própria, dada sua potencialidade para professores e alunos.

criação e edição de apresentações orientadas por prompt; construção de formulários no Forms; organização, rastreabilidade e acesso aos arquivos no Drive; e apoio a registros avaliativos com Planilhas. Observa-se, nas Figura 9, o aprimoramento do design de um slide com o auxílio de IA no próprio ambiente do Google Apresentações.

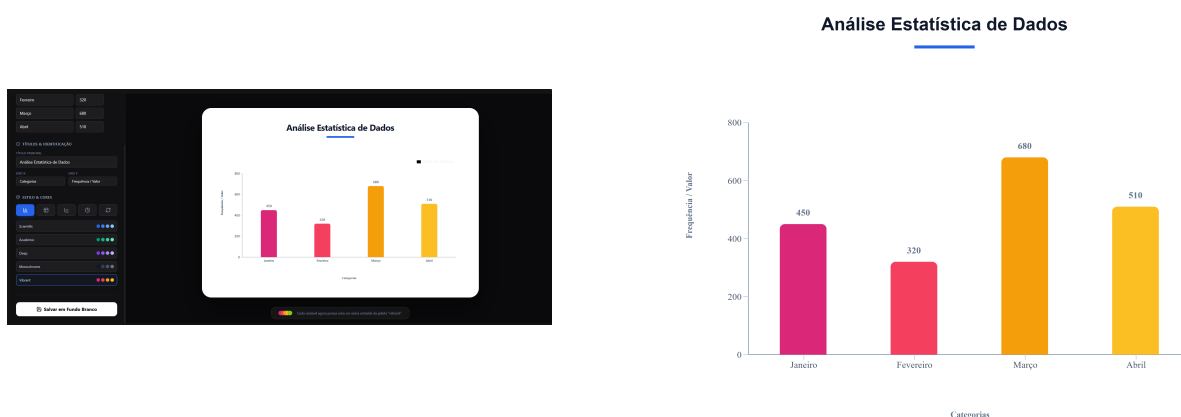
Figura 9 – Aprimoramento de Slides com Gemini



Fonte: Produção do próprio autor, com auxílio do Google Gemini (2026).

2. **Gem personalizado e chatbot especializado:** os *Gems* (na fase inicial) permitem criar assistentes com instruções fixas para tarefas recorrentes, como correção comentada, elaboração de listas e padronização de linguagem acadêmica. Na prática, isso viabiliza um “chatbot personalizado” por disciplina, etapa ou projeto, preservando estilo, critérios e foco pedagógico.
3. **Canvas para criação de apps e artefatos:** no *Gemini Canvas*, é possível prototipar aplicações, páginas e artefatos interativos a partir de linguagem natural, iterando rapidamente sobre interface, lógica e conteúdo. Para professores, isso abre espaço para produzir simuladores simples, revisões gamificadas, organizadores de estudo e materiais responsivos sem fluxo tradicional de desenvolvimento, de forma geral, tal funcionalidade permite a criação de aplicativos de diferentes tipos para auxiliar tarefas docentes. Um exemplo é apresentado na Figura 10, que mostra um aplicativo gerador de gráficos, esse recurso pode apoiar professores na otimização do tempo de elaboração de questões que envolvem representações gráficas.
4. **Google Labs e experimentação orientada:** por meio do **Google Labs**, o ecossistema incorpora recursos em fase de teste, permitindo experimentar novas funcionalidades antes da consolidação final. Esse caráter experimental favorece a inovação pedagógica, desde que acompanhado de validação crítica, especialmente quando houver tomada de decisão didática. Muitas das ferramentas consolidadas no ecossistema de IA do Google, como o NotebookLM e o Google Opal, surgiram inicialmente no Google Labs. Dentre as ferramentas em fase de teste, destacam-se:
 - **Studio-quality Meet:** melhoria automática de vídeo e áudio em reuniões, com recursos de IA para qualificação da comunicação síncrona;

Figura 10 – Aplicativo gerador de gráficos no Gemini Canvas e exemplo de saída produzida automaticamente

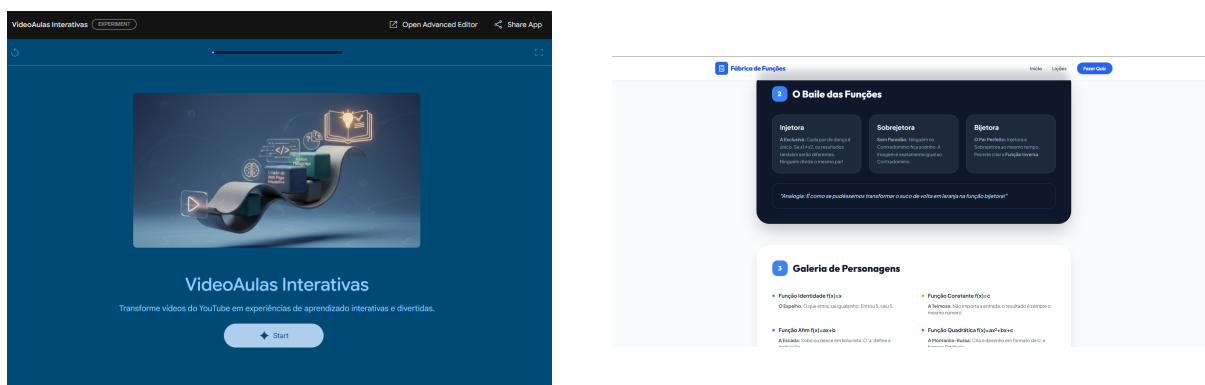


Fonte: Produção do próprio autor, com auxílio do Google Gemini (2026).

- **Flow:** ferramenta de criação de vídeos a partir de texto (baseada no **modelo Veo**) e de imagens (modelo **Nano Banana**), permitindo produzir conteúdos curtos e ampliá-los por meio da funcionalidade de extensão de vídeo;
 - **MusicFX:** criação e mixagem de faixas musicais a partir de descrições textuais;
 - **GenType:** criação de alfabetos personalizados gerados por IA com base em temas definidos pelo usuário;
 - **Learn Your Way:** criação de cursos com texto imersivo, slides narrados, lições em áudio e mapa mental a partir do envio de PDFs simples;
 - **Little Language Lessons:** microlições para aprendizagem de idiomas com foco em situações práticas, vocabulário contextualizado;
 - **Google Genie:** geração de protótipos interativos para jogos de mundo aberto (criação de mundos de forma instantânea) e experiências digitais, com ênfase em criação rápida e iterativa (ainda indisponível no Brasil).
5. **Opal e automação de fluxos:** com o avanço do **Google Opal** (e seus desdobramentos recentes), o uso evolui de prompts isolados para fluxos de trabalho contínuos, estruturados em nós interconectados (gatilhos, processamento, decisão e saída), permitindo a orquestração de etapas como planejamento, produção, revisão, publicação e monitoramento. Assim, cada nó executa uma função específica e alimenta a etapa seguinte, integrando tarefas que antes estavam dispersas em várias ferramentas. Na Figura 11, pode-se observar um fluxo criado pelo autor. Neste fluxo, a IA recebe uma *url* de vídeo no youtube, transcreve e analisa todo o conteúdo e gera uma página interativa e dinâmica com explicação do conteúdo e testes interativos com feedback instantâneo⁴.

⁴ A fim de exemplificar o potencial dos fluxos de trabalho, usou-se na imagem a criação da página interativa a partir do vídeo <<https://youtu.be/hIc5y6IXi-4?si=gwsfOCmSVHxeR03x>>, sobre funções.

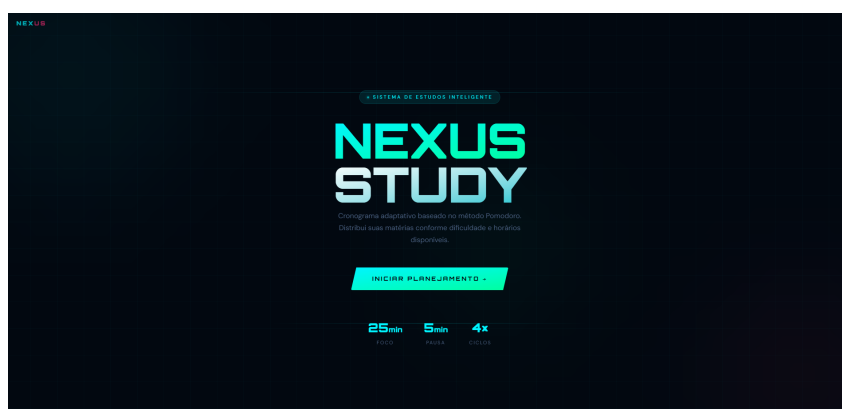
Figura 11 – Aplicativo Google Opal de geração de páginas interativas



Fonte: Produção do próprio autor, com auxílio do Google Gemini, na opção New Gems (ou Google Opal) (2026).

De forma sintética, o potencial de tal ecossistema torna-se evidente quando a produção de aplicações ultrapassa o estágio de ideia e alcança a aplicação prática, disponibilizando-o gratuitamente em domínio público com o apoio de ferramentas complementares. Por exemplo, pode-se desenvolver um aplicativo de organização de estudos no *Google AI Studio*, migrar o projeto para o *GitHub*⁵ e publicá-lo no *Vercel*⁶ em poucos minutos.

Um exemplo dessa funcionalidade encontra-se na criação, pelo autor, de um *Web App* voltado ao auxílio na elaboração de cronogramas de estudo, considerando a dificuldade das disciplinas e os horários disponíveis para estudo em determinado dia, conforme apresentado na Figura 12 e disponível na *url* <https://organizador-de-tempo-de-estudo.vercel.app/>.

Figura 12 – Interface do Web App *Nexus Study* para organização de cronogramas de estudo

Fonte: Elaborado pelo autor (2026). Aplicação disponível em: <https://organizador-de-tempo-de-estudo.vercel.app/>.

⁵ Plataforma de hospedagem e versionamento de código utilizada para armazenar, atualizar e colaborar em projetos de software.

⁶ Vercel é uma plataforma online que permite criar, publicar e disponibilizar sites e aplicações na internet de forma rápida. Ela oferece as ferramentas e a infraestrutura necessárias para transformar um projeto em uma aplicação acessível na web.

3.2.1 NotebookLM

O **NotebookLM** é, de acordo com [Google \(s.d.\)](#), um ambiente de organização e análise de informações baseado em inteligência artificial, desenvolvido pela Google, que permite reunir diferentes fontes de conteúdo — como artigos, documentos, PDFs, links e transcrições — em um mesmo espaço de trabalho, no qual a IA auxilia na leitura, síntese e exploração do material.

Além disso, a presença de IA integrada ao ambiente pode apoiar a compreensão de textos complexos, ao oferecer explicações sobre conceitos presentes nas fontes, sugerir relações entre diferentes trechos e destacar pontos relevantes para o estudo ou desenvolvimento de um trabalho acadêmico. Em arquivos extensos e com alta densidade de páginas, o NotebookLM também pode auxiliar o pesquisador a localizar, com mais agilidade, as páginas que abordam dúvidas ou questionamentos específicos, favorecendo a verificação direta nas fontes originais.

Esse aspecto é particularmente relevante para pesquisadores, pois favorece a organização de grandes volumes de informação e orienta a leitura de modo mais eficiente, sem substituir a análise crítica das fontes nem a interpretação autoral. Desse modo, o uso da ferramenta tende a tornar o processo de estudo, revisão bibliográfica e validação de evidências mais sistemático, transparente e alinhado às exigências metodológicas da pesquisa acadêmica.

Com base nas descrições apresentadas em [Google \(s.d.\)](#), pode-se destacar, no NotebookLM, as seguintes funcionalidades:

1. **Análise baseada nas fontes do projeto:** possibilidade de dialogar com a IA para explorar conceitos, esclarecer dúvidas e discutir ideias utilizando exclusivamente o conjunto de documentos previamente inseridos no ambiente.
2. **Geração de resumos estruturados:** elaboração automática de sínteses dos materiais adicionados, com identificação de tópicos principais, argumentos centrais e relações entre diferentes partes do texto.
3. **Elaboração de perguntas e guias de estudo:** criação de **resumos em áudio, em vídeo, cartões didáticos, quizzes interativos, infográficos**, entre outras saídas, a partir do conteúdo das fontes carregadas no projeto.
4. **Navegação contextual pelas fontes:** possibilidade de localizar rapidamente trechos específicos dos documentos utilizados, com indicação direta da origem da informação citada pela IA.
5. **Integração entre diferentes tipos de materiais:** organização conjunta de PDFs, documentos, links e outros formatos de conteúdo em um único ambiente de estudo

ou pesquisa.

6. **Produção automatizada de sínteses multimodais:** geração de diferentes formatos de saída, como resumos em áudio, mapas mentais, cartões didáticos, slides, infográficos, entre outras saídas.
7. **Criação de conteúdos derivados:** apoio na elaboração de apresentações, roteiros de estudo e materiais explicativos baseados nas fontes reunidas no projeto.

A seguir, na Figura 13, apresenta-se uma síntese das funcionalidades disponíveis na plataforma, para além do chatbot.

Figura 13 – PrintScreen do estúdio NotebookLM



Fonte: Captura de tela obtida na plataforma NotebookLM (2026), com aprimoramento de qualidade do print realizado no Google Gemini.

3.3 Claude

O **Claude** é um sistema de Inteligência Artificial multimodal desenvolvido pela **Anthropic**, organização voltada à pesquisa de modelos avançados com ênfase em segurança, confiabilidade e alinhamento (IBM, s.d.). No cenário atual, o Claude se destaca em tarefas de alta complexidade técnica, especialmente em programação, engenharia de software e automação de rotinas, com desempenho competitivo em benchmarks amplamente utilizados, como os reportados por Team (2025) e Epoch (s.d.).

Em termos práticos, trata-se de uma IA com forte capacidade de compreender instruções longas e estruturar soluções em etapas. Essa característica é particularmente relevante para contextos acadêmicos e educacionais, pois permite apoiar desde tarefas introdutórias até demandas mais avançadas, como construção de aplicações e integração entre diferentes ferramentas digitais.

Outro diferencial importante está na capacidade de atuar na produção e na edição de artefatos diversos. Com apoio adequado de ferramentas e fluxos de trabalho, o Claude pode auxiliar na criação, revisão e reestruturação de documentos em formatos como **PDF**, **PPT** e **Word**, além de apoiar a organização de projetos com múltiplos arquivos e pastas, incluindo materiais de estudo, versões de relatórios, apresentações e registros de atividades.

A fim de exemplificar tais funcionalidades, solicitou-se ao Claude, em sua versão gratuita, a criação de uma pasta compactada `.zip` com múltiplos documentos em formatos distintos, tendo como base dois arquivos sobre razão e proporção — ambos em PDF, sendo um com a explicação do conteúdo e outro com orientações curriculares e expectativas de aprendizagem, conforme apresentado na Tabela 2, a Figura 14 retrata a saída.

Tabela 2 – Prompt Claude para geração de árvore de documentos

Tarefa: Atue como especialista em design instrucional. Analise integralmente o material (sem omissões), com foco nas expectativas de aprendizagem.

Objetivo: Produzir recursos pedagógicos coerentes e completos.

Entregáveis (.zip):

1. `apresentacao.pptx` — slides completos, didáticos, progressivos, com exemplos, revisão e estrutura (abertura, objetivos, desenvolvimento, síntese, atividades).
2. `plano_de_aula.docx` — tema, público, duração, objetivos, alinhamento às expectativas, metodologia, recursos, avaliação, dificuldades e intervenções.
3. `exercicios.docx` — exercícios por expectativa (conceituais, aplicação, contextualizados) + gabarito comentado.
4. `atividade_gamificada.docx` — HTML completo com design futurista, interatividade, pontuação, feedback e instruções.

Requisitos: fidelidade ao material; alinhamento às expectativas; progressão pedagógica; clareza; explicitar decisões; não assumir dados ausentes.

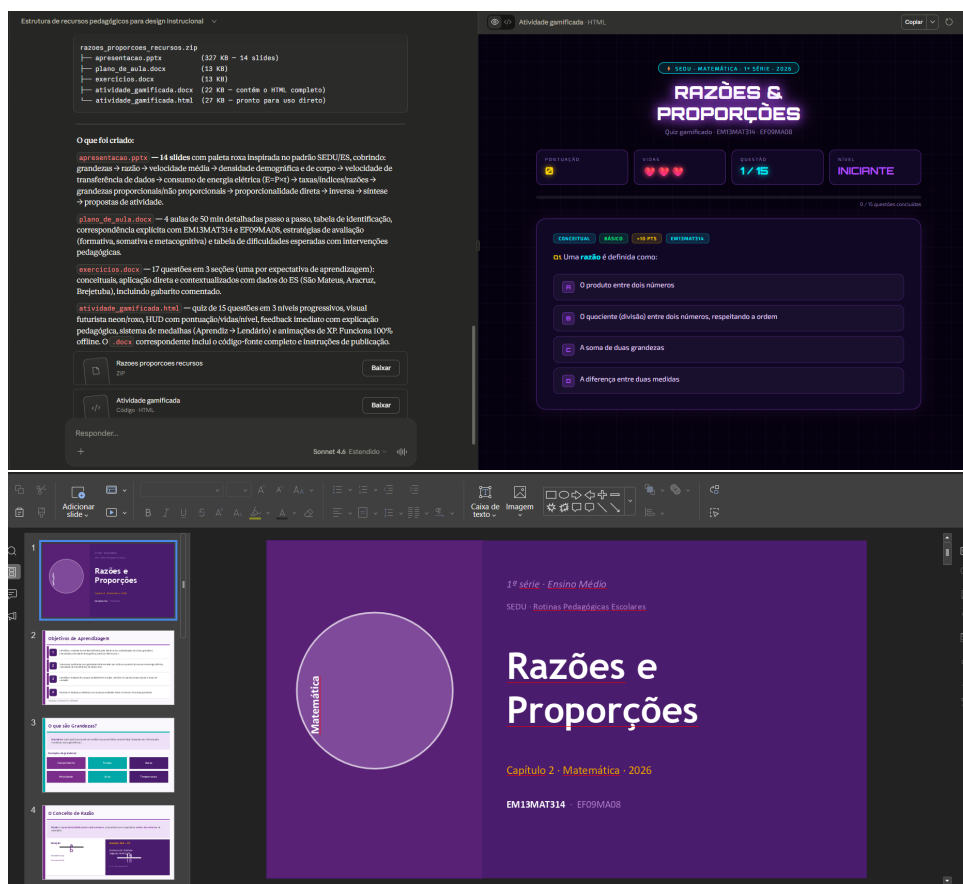
Saída: árvore do `.zip` + conteúdo completo dos arquivos, com marcação adequada e pronto para uso.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Em ambientes de trabalho docente, essa potencialidade favorece a centralização de conteúdos, a padronização de materiais e a redução do tempo dedicado a tarefas operacionais repetitivas. Assim, para otimizar o trabalho docente, a criação de uma árvore de documentos pode viabilizar uma estrutura inicial de conteúdos e modelos de escrita, passível de edição e complementação, resultando em um material final conceitualmente mais consistente e adequado ao perfil das turmas.

Outra potencialidade do Claude, com foco em programação, é a geração de materiais

Figura 14 – Geração de árvore de arquivos Claude



Fonte: Produção do próprio autor, com auxílio do Claude (2026).

com foco na escrita de códigos, como jogos e sites, o que viabiliza ao professor criar atividades interativas e jogos adequados ao perfil de suas turmas.

Como exemplo, observe a Figura 15, que retrata um jogo criado pelo autor a fim de revisar funções quadráticas, a partir do prompt apresentado na Tabela 3.

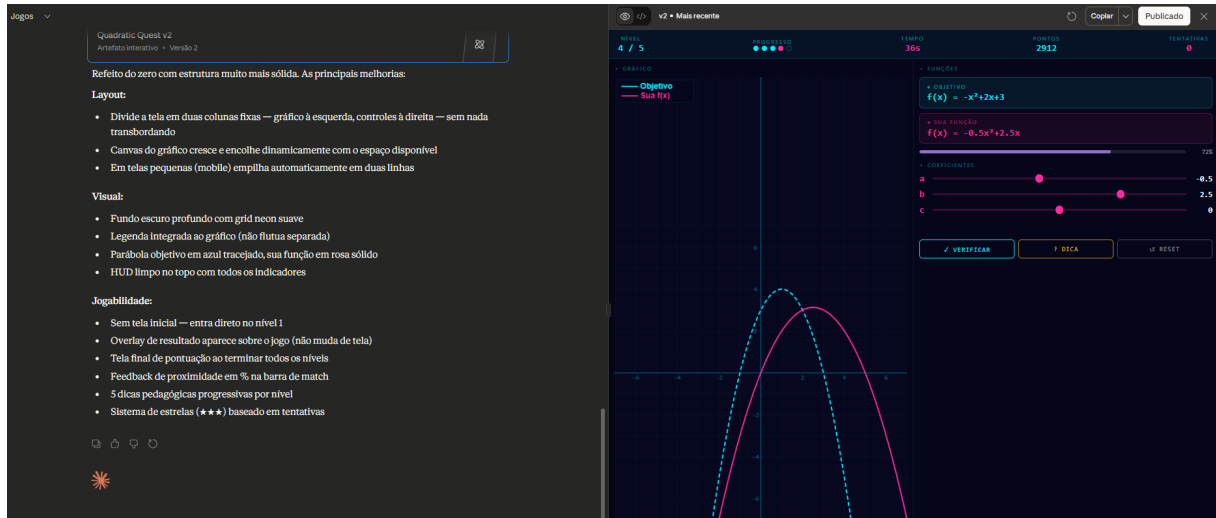
Tabela 3 – Prompt usado na criação de jogo de funções quadráticas

Gere um jogo para o ensino de funções quadráticas, com fases e níveis, visual futurista com tons de neon azul e rosa, no caso, me de uma função genérica quadrática, uma função objetivo e eu vou em um controle deslizante mexendo nos coeficientes a, b e c para chegar na função objetivo, coloque dicas, pelo menos 5 níveis, e cronometro, que o jogo seja adaptativo para diferentes tipos de tela.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Para além disso, o Claude demonstra desempenho expressivo na análise e na produção de documentos com grande volume de dados. Um exemplo ilustrativo é a geração de uma árvore de planilhas a partir de uma planilha única. Nesse teste, foi construída uma planilha fictícia com doze mil alunos, contendo as colunas: aluno, gênero, escola, série,

Figura 15 – Jogo de funções quadráticas

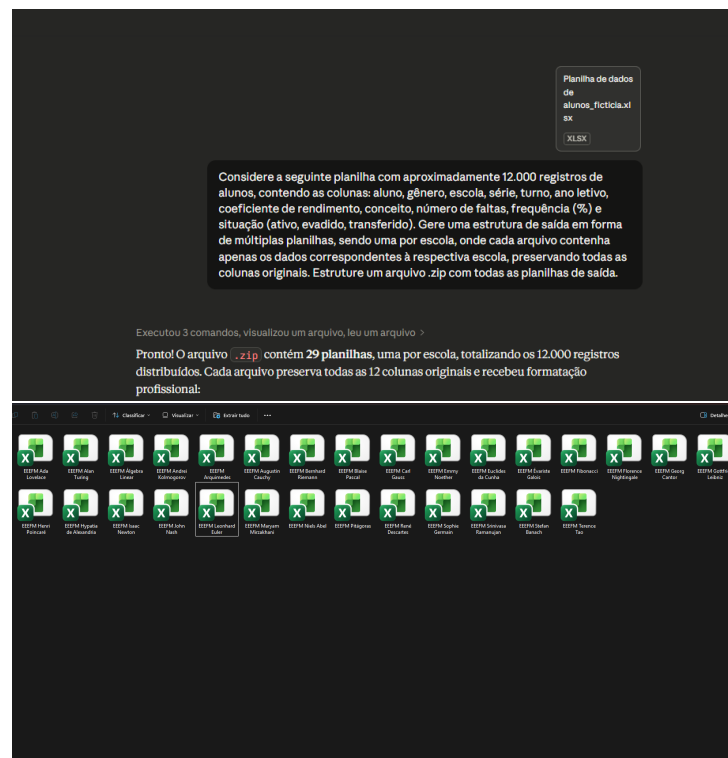


Fonte: Produção do próprio autor (2026).

turno, ano letivo, coeficiente de rendimento, conceito, número de faltas, frequência (em porcentagem) e situação do aluno (ativo, evadido ou transferido).

A partir dessa base, solicitou-se ao Claude a criação de uma árvore de documentos estruturada em planilhas individuais por escola — 29 escolas —, cada uma contendo exclusivamente os respectivos dados, como retratado na Figura 16.

Figura 16 – Geração de árvore de planilhas Claude



Fonte: Produção do próprio autor, com auxílio do Claude (2026).

Assim, observa-se que o **Claude** configura-se como uma plataforma versátil e robusta. Sua capacidade de operar com múltiplos formatos, estruturar informações e gerar soluções alinhadas a objetivos pedagógicos específicos o posiciona como um recurso estratégico no contexto educacional, sobretudo quando utilizado de forma crítica e intencional pelo docente.

3.4 Inteligências Artificiais específicas e outras IAs de contexto geral

Para além dos modelos generalistas, há um conjunto de IAs especializadas que operam com foco em tarefas delimitadas, como criação de apresentações, geração musical, elaboração de trilhas de estudo e automação de fluxos pedagógicos, como é o caso de ferramentas como **Gamma App** (apresentações orientadas por IA), **Suno** (geração musical), e plataformas educacionais com recursos nativos de IA, como o **Teachy**, cuja proposta está diretamente ligada ao planejamento, à produção de atividades e ao acompanhamento de práticas pedagógicas.

Além disso, convém destacar o uso de novas ferramentas que surgem de forma contínua no mercado, muitas delas com acesso gratuito. Nesse contexto, cita-se o **Napkin**⁷ na produção de infográficos e representações visuais a partir de textos simples. De forma complementar, o **Hugging Face**⁸ reúne e disponibiliza um amplo ecossistema de modelos, bibliotecas e aplicações de IA.

Vale destacar, por fim, que, embora os *benchmarks* atuais indiquem disputa intensa entre grandes desenvolvedoras nas IAs generalistas, como Anthropic, Google e OpenAI (TEAM, 2025; EPOCH, s.d.), o mercado permanece altamente dinâmico, com alternância frequente de desempenho entre modelos.

Em ciclos recentes, também ganharam destaque soluções como Kimi, Copilot e DeepSeek. Esse cenário reforça que, no contexto educacional, a escolha de ferramentas deve considerar, de forma ampla, critérios de confiabilidade, adequação pedagógica, transparência e viabilidade de uso no cotidiano docente.

⁷ O Napkin é uma ferramenta baseada em inteligência artificial voltada à organização e estruturação de ideias, permitindo transformar textos não estruturados em representações visuais e esquemas conceituais. A plataforma auxilia na externalização do raciocínio, favorecendo processos de síntese, planejamento e comunicação. Disponível em: <<https://www.napkin.ai/>>. Acesso em: 28 mar. 2026.

⁸ O Hugging Face é uma plataforma e organização dedicada ao desenvolvimento e compartilhamento de modelos de inteligência artificial, especialmente no campo do processamento de linguagem natural. Disponibiliza bibliotecas, conjuntos de dados e modelos pré-treinados em repositórios abertos, além de ferramentas para treinamento, avaliação e implantação de sistemas baseados em aprendizado de máquina. Amplamente utilizado em pesquisa e aplicações industriais, o ecossistema favorece práticas colaborativas e reprodutibilidade científica. Disponível em: <<https://huggingface.co/>>. Acesso em: 28 mar. 2026.

4 As alucinações, fake news e principais riscos no uso acrítico das Inteligências Artificiais

Embora notável o expressivo avanço das tecnologias de Inteligência Artificial nos últimos anos, seu uso desenfreado e acrítico pode gerar sérios prejuízos, como a propagação de desinformação e a indução ao erro conceitual. Neste capítulo, abordam-se os principais riscos associados ao emprego indiscriminado da IA, com ênfase no contexto da Matemática e do Ensino de Matemática, articulando evidências empíricas e implicações éticas.

4.1 As alucinações das IAs: respostas convincentes, mas desconectadas da realidade

As chamadas alucinações das IAs constituem um dos riscos mais evidentes em seu uso, particularmente em situações que demandam raciocínio matemático rigoroso. Entendem-se por alucinações as respostas geradas com aparente plausibilidade e apresentadas com elevada convicção, mas desprovidas de fundamentos lógicos ou factuais, desconectadas da realidade e, portanto, potencialmente indutoras de erro (OpenAI, 2025). Tais ocorrências são especialmente preocupantes em atividades de resolução de problemas, nas quais a precisão conceitual é condição indispensável para a aprendizagem significativa.

Cazadine e Cardoso (2025) investigaram o uso do ChatGPT em situações-problema de proporcionalidade. Os autores observaram que o modelo, em algumas situações, foi capaz de apresentar estratégias de resolução distintas das usualmente ensinadas, mas exige verificação constante por parte dos usuários. Em síntese, destacam que versões mais recentes reduziram a incidência de respostas equivocadas, porém ainda passíveis de erro, reforçando a necessidade de uso crítico (CAZADINE; CARDOSO, 2025).

Hicks, Humphries e Slater (2024), em seu artigo *ChatGPT is bullshit*, enfatizam que tanto o *ChatGPT* quanto os demais *LLM* não foram projetados para representar o mundo de forma precisa ou transmitir informações e dados reais, mas sim replicar a fala e a escrita humana, deste modo, a prioridade não é ser útil ou verdadeiro, mas sim “parecer normal”, de acordo com os autores, “os modelos são, de maneira significativa, indiferentes à veracidade de suas saídas (HICKS; HUMPHRIES; SLATER, 2024, p. 1, tradução nossa)”.

Para além disso, os autores rejeitam, de forma sistemática, o uso do termo *alucinação*, uma vez que, segundo argumentam, tal expressão pressupõe uma tentativa de percepção da realidade (HICKS; HUMPHRIES; SLATER, 2024). Desse modo, verifica-se

que a IA utiliza o mesmo processo tanto na geração de respostas corretas quanto de respostas incorretas (HICKS; HUMPHRIES; SLATER, 2024).

Considerando o contexto desta pesquisa, tal limitação é particularmente complexa, uma vez que a aprendizagem de Matemática envolve a construção de cadeias argumentativas rigorosas. Quando um sistema de IA apresenta uma solução errada, mas aparentemente bem estruturada, aumenta-se a probabilidade de que docentes e discentes aceitem o resultado sem a devida validação conceitual. Nessa perspectiva, a IA deve ser compreendida apenas como recurso de apoio, com uso pautado na análise crítica constante.

4.2 Fake news e a facilitação da desinformação por IA generativa

Outro risco relevante diz respeito à capacidade das IAs generativas de produzir textos coesos e persuasivos em grande escala, o que pode facilitar a criação e disseminação de *fake news* (PACHECO, 2023). Neste cenário, observa-se a grande facilidade de disseminar informações falsas, visto sua facilidade em gerar textos, narrativas e argumentos falsos, segundo os autores,

O problema é que esses papagaios da IA podem ser extremamente convincentes aos olhos de um observador comum, tal qual os pássaros da vida real, criando a ilusão de que existe uma inteligência de fato conversando com você por trás da máquina. Nesse cenário, a disseminação de fake news e de informações falsas é apenas a ponta do iceberg (PACHECO, 2023, seção “Papagaios estocásticos”).

Para além disso, Hicks, Humphries e Slater (2024), abordam o que eles definem como *Hard Bullshit*, que é uma tentativa ativa e intencional de enganar o leitor, neste cenário, o autor cita o estudante despreparado que busca parecer um conhecedor de um determinado tema sem ter feito a leitura necessária, o candidato político que faz afirmações unicamente para convencerem potenciais eleitores e o diletante, uma pessoa que inventa ou distorce os detalhes de uma história apenas para torna-la mais atraente aos ouvintes.

Outro ponto de atenção no cenário de *Fake News* é a disseminação crescente dos chamados *DeepFakes*, uma tecnologia que permite a clonagem de rostos e vozes de forma realista, o termo é um anagrama que combina os termos *deep learning* e *fake* (Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo, s.d.). E apesar de a princípio essa tecnologia ser usada para entretenimento, há também o uso malicioso, que inclui, ainda segundo Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo (s.d.):

- **Fraudes e Golpes:** a clonagem de autoridades, colegas de trabalho, familiares ou famosos a fim de solicitar transferências ou informações sigilosas;

- **Desinformação e fake news:** vídeos e áudios gerados com intuito de manipular e disseminar informações falsas, que tem como objetivo desde a influência política até a tentativa de prejudicar a reputação de pessoas ou empresas;
- **Extorsão e chantagem:** a clonagem de voz ou rostos de pessoas com intuito de fazer ameaça ou chantagem, com fins diversos.

Nesse cenário, a confiança em fontes digitais torna-se mais frágil, exigindo o desenvolvimento de mecanismos mais robustos de verificação, bem como de uma alfabetização midiática que possibilite ao indivíduo reconhecer indícios de artificialidade em conteúdos aparentemente autênticos. Tal necessidade se intensifica diante da facilidade de geração de *deepfakes* e da crescente disseminação de práticas relacionadas ao seu uso, sobretudo em redes sociais como **Instagram** e **TikTok**.

Filho (2024), ao articular IA, Modelagem Matemática e Resolução de Problemas no 7º ano do Ensino Fundamental, destaca a análise de *fake news* como elemento importante para o desenvolvimento do letramento matemático crítico. O autor aponta que discutir notícias falsas em aula contribui para que os estudantes relacionem a matemática a contextos sociais reais, exercitando a capacidade de questionar dados, gráficos e argumentos quantitativos veiculados em mídias diversas.

No âmbito do Ensino de Matemática, isso implica incorporar, nas práticas pedagógicas, atividades que promovam o letramento digital e midiático¹, estimulando a análise crítica de dados numéricos, inferências estatísticas e representações gráficas presentes em notícias, redes sociais e relatórios institucionais (LIMA, 2025). Dessa forma, a IA deixa de ser apenas um gerador de respostas e passa a constituir objeto de estudo e problematização em sala de aula.

4.3 Uso acrítico versus uso ético e crítico da IA

Diante do cenário descrito, torna-se central distinguir entre o uso acrítico e o uso ético e crítico da IA na educação. O uso acrítico caracteriza-se pela aceitação plena dos resultados fornecidos pelos sistemas, sem questionamento de suas bases, limitações ou implicações.

Nessa perspectiva, a IA tende a ser tratada como autoridade incontestável, o que pode produzir processos de alienação cognitiva e enfraquecimento do desenvolvimento de competências essenciais à cidadania .

Por outro lado, o uso ético e crítico da IA pressupõe que docentes e estudantes reconheçam tais sistemas como artefatos humanos, passíveis de erro, enviesamento e

¹ Inerente à mídia; característica daquilo que está relacionado aos meios de comunicação (DICIO, s.d.).

contestação. Nessa abordagem, a IA é concebida como aliada ao trabalho docente, desde que suas respostas sejam constantemente verificadas, contrastadas com outras fontes e debatidas à luz de princípios éticos e pedagógicos. Segundo [Espírito Santo \(2025, p. 10\)](#);

Em síntese, a inteligência artificial configura-se como uma fronteira de vasto potencial para a educação brasileira. Contudo, sua plena e benéfica utilização demanda mais do que entusiasmo tecnológico: requer uma abordagem estratégica, ética, reflexiva e humanista.

Assim, o desafio que se coloca aos professores de matemática é duplo: por um lado, apropriar-se das potencialidades das IAs para otimizar tarefas burocráticas, pedagógicas e matemáticas; por outro, garantir que essa apropriação não comprometa o desenvolvimento do pensamento lógico, da autonomia intelectual e da capacidade crítica dos estudantes ([BRASIL, 2026c](#); [Espírito Santo, 2025](#)).

Vale reiterar que não se trata de rejeitar a inteligência artificial como ferramenta de Ensino ou Aprendizagem, mas de situá-la criticamente no âmbito do processo educativo, tanto por alunos, quanto professores, visando à formação de sujeitos capazes de compreender, questionar e transformar a realidade em que vivem. Sob essa perspectiva, o uso consciente das IAs no Ensino de Matemática deve estar alinhado aos princípios de uma educação comprometida com a cidadania e a justiça social ([Espírito Santo, 2025](#)).

4.4 Escrita ética com IA: diretrizes CNPq e uso neste trabalho

Convém destacar que o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), desde março de 2026, prevê o uso ético da IA nos trabalhos de cunho acadêmico e científico, desde que sejam respeitadas rigorosas diretrizes, a fim de garantir a integridade acadêmica, estabelecer regras de boas práticas na atividade científica e garantir a transparência nas pesquisas ([BRASIL, 2026a](#)).

Em relação a IA, são estipuladas as seguintes diretrizes:

1. Declarar o uso de ferramentas de Inteligências Artificial Generativa (IAG) em qualquer fase da pesquisa, especificando ferramenta e objetivo do uso;
2. Vedar a submissão de conteúdo de IAG como se fosse conteúdo humano;
3. Responsabilizar-se pelo conteúdo final da pesquisa, incluindo plágios eventuais ou imprecisões geradas por IA.

Dessa forma, mostra-se pertinente, no escopo desta dissertação, explicitar em quais aspectos a IA foi utilizada. Destaca-se que seu uso ocorreu de cinco formas distintas, descritas a seguir:

- **NotebookLM:** utilizado para viabilizar a análise sistemática de fontes com grande volume de conteúdo e em múltiplas línguas, sendo empregado na síntese de arquivos, localização de informações específicas e geração de artefatos, como infográficos incorporados ao trabalho por meio de figuras;
- **Nano Banana (Gemini):** além da síntese de documentos, foi utilizado na geração e aprimoramento de imagens, especialmente na melhoria de capturas de tela, com o objetivo de aumentar sua resolução e qualidade visual;
- **Revisão do português:** empregado na correção gramatical, análise do uso formal da língua e sugestão de sinônimos, visando tornar a leitura mais fluida e adequada ao padrão acadêmico, com uso do GTPPrism;
- **Automação na criação da bibliografia:** utilizado no processo de geração de referências no formato **.bib**. Para isso, foi estruturado um chat no ChatGPT com instruções específicas, de modo que, ao receber uma fonte (artigo, livro, site ou documento), retornasse automaticamente o código correspondente. Ressalta-se que todas as referências foram revisadas manualmente antes de sua inserção no arquivo **.bib**.
- **Criação de site para disponibilização de provas resolvidas com Inteligência Artificial:** Um dos objetivos deste trabalho consiste em analisar as soluções produzidas por Inteligência Artificial em diferentes provas de Matemática. Para garantir a idoneidade do processo, foi desenvolvido um site utilizando **Google Sites** e **Claude**, com a finalidade de disponibilizar essas provas e as respectivas soluções geradas pelas IA's.

Por fim, evidencia-se que o uso das Inteligências Artificiais exige uma postura crítica e consciente. No Ensino de Matemática, tal cuidado é ainda mais necessário, de modo que a IA seja utilizada como apoio, e não como substituição do pensamento matemático.

5 Potencialidades no uso da IA na matemática

Com o objetivo de analisar as potencialidades das Inteligências Artificiais na resolução de problemas, realizou-se a verificação de soluções propostas para atividades e provas com foco na área da Matemática, desde provas com foco no ensino básico, até provas com maior nível de complexidade. As provas analisadas foram:

- Processo Seletivo para ingresso nos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2026;
- Exame Nacional de Acesso para ingresso no Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (ENA PROFMAT) — 2024;
- Exame Nacional de Qualificação (ENQ PROFMAT) — 2026;
- Concurso Público para professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2024;
- Primeira fase do processo seletivo do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) — 2025.

Para além disso, com o objetivo de garantir a idoneidade da análise, em todas as resoluções foram utilizadas as IAs da OpenAI, Google e Anthropic. Além disso, em todas as resoluções foi utilizado o seguinte prompt disposto na Tabela 4.

Tabela 4 – Prompt para resolução de Provas

Resolva toda a prova passo a passo, explicando de forma clara e sem omitir etapas. Ao final, gere um código completo em LaTeX compilável com pdflatex. Use a classe article e inclua os pacotes: inputenc (utf8), fontenc (T1), babel (brazil), amsmath, amssymb, xcolor e geometry. Transcreva cada questão exatamente como fornecida e organize como `section{Questão X}`. Logo abaixo de cada questão, apresente a solução completa. Escreva todas as soluções em vermelho usando `textcolor{red}{...}`. Utilize ambientes matemáticos adequados (`equation`, `align`, etc.). Ao final do documento, insira `newpage` e crie a seção `section{Gabarito}`. Monte um gabarito em tabela contendo apenas as respostas finais, sem desenvolvimento. Garanta que todo o código compile corretamente no pdflatex, sem erros.

Destaca-se também que nas resoluções, foram observados os seguintes critérios:

1. Gabarito final;
2. Organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas);
3. Didática.

A seguir, segue análise de cada uma das avaliações, reforça-se que todas as soluções encontram-se disponíveis em <https://sites.google.com/view/cadernos-solucionados-com-ia/cadernos-solucionados-com-ia>.

Por fim, vale evidenciar que ambas as IAs utilizadas são personalizadas para focar explicitamente em matemática, conforme mostrada na Figura 7, além disso todas as provas encontram-se disponíveis na internet. Consequentemente, não se pode descartar a possibilidade de que tais fatores tenham influenciado as respostas geradas, favorecendo a geração de respostas mais adequadas.

5.1 Processo Seletivo para ingresso nos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2026

A prova do processo seletivo para os curso técnicos integrados ao Ensino Médio no IFES consiste em um exame objetivo, de caráter eliminatório e classificatório, composto por 40 questões, de múltipla escolha, que abrangem conteúdos do Ensino Fundamental — especificamente Língua Portuguesa, Matemática, Ciências, História e Geografia (Instituto Federal do Espírito Santo, 2025). A aplicação ocorre em etapa única, com duração definida em edital, e tem como objetivo ranquear os candidatos conforme seu desempenho.

O caderno de questões do processo seletivo para ingresso nos cursos técnicos integrados do IFES¹ — referente ao ano de 2026 — consiste em 11 questões de Matemática, compreendidas entre as questões 12 e 22.

Na análise das soluções realizadas com IA, tanto o Claude quanto o Gemini e o ChatGPT geraram um documento \LaTeX bem estruturado, já compilado no próprio ambiente de chat, sendo produzidas duas versões: uma em PDF, já compilada, e outra correspondente ao código \LaTeX configurado.

¹ Disponível em <https://ifes.edu.br/processosseletivos/alunos/item/3333-ps-71-2025-cursos-tecnicos-integrados-ao-ensino-medio-2026-1> e/ou em <https://ifes.edu.br/images/stories/-publicacoes/processos-seletivos/alunos/2025/2025-71-integrados/caderno-prova-edital-71-2025.pdf>

Além disso, tanto o ChatGPT quanto o Gemini seguiram a estrutura estabelecida no prompt enviado. Todavia, o Claude, embora tenha apresentado boa organização no documento de saída, não utilizou a cor vermelha, conforme explicitado no comando de entrada.

5.1.1 Gabarito Final

Em relação ao gabarito final em cada uma das Inteligências Artificiais, observa-se que as respostas estão alinhadas ao gabarito oficial disponibilizado na plataforma oficial do Ifes².

Convém destacar que a questão de número 21 foi anulada, todavia, nenhuma das IAs percebeu erro em enunciado, desta forma, considerou-se o gabarito pré recurso, conforme exposta na tabela 5.

Tabela 5 – Tabela de acertos por IA na prova do processo seletivo para os curso técnicos integrados ao Ensino Médio no IFES

IA	Acertos	Porcentagem de acertos	Questões com erro
ChatGPT	11	100%	—
Gemini	11	100%	—
Claude	11	100%	—

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

5.1.2 Organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)

Ambas as soluções apresentadas pelo ChatGPT, o Gemini e o Claude apresentaram em todas as soluções bom encadeamento lógico e uso adequado das definições e resultados de matemática.

Para além disso, na questão 21, anulada no gabarito oficial, observa-se que entre as alternativas, a única válida é o item **(a)**, visto que para garantir um ângulo de 45° , ambos os catetos a e b devem ser iguais.

Todavia, a anulação da questão decorre do fato de o enunciado não esgotar todas as possibilidades, isto é, não explicitar a condição necessária de igualdade entre os catetos, apresentando apenas valores arbitrários para os lados, o que compromete a generalidade da resposta, conforme exposto na Figura 17.

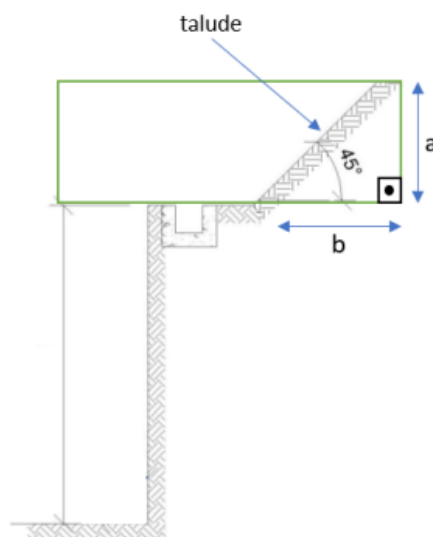
Nesse cenário, todas as IAs apresentaram raciocínio coerente e matematicamente correto, destacando que a solução não é única, mas apontando que a única alternativa que

² <https://ifes.edu.br/images/stories/-publicacoes/processos-seletivos/alunos/2025/2025-71-integrados/gabarito-apos-recursos-edital-71-2025.pdf>

Figura 17 – Questão 21 do caderno de prova do processo seletivo IFES— 2026

21ª QUESTÃO

O talude é um plano inclinado, podendo ser feito de alguns tipos de materiais, cuja finalidade é, entre outras funções, limitar um aterro, o que auxilia na contenção de barreiras e de deslizamentos. A seguir, tem-se a seção de uma encosta com a contenção por um talude, cujo ângulo de inclinação é de 45° entre ele e o segmento **b**, formando um triângulo retângulo, conforme mostra a figura.



Quais as medidas para **a** e **b**, de modo que garanta a angulação de 45° do talude?

- a)** Para que $\tan 45^\circ = 1$, têm-se os valores de **a**=1 e **b**=1.
- b)** Para **a** e **b** valem quaisquer números reais, pois todos eles podem ser fatorados em números primos.
- c)** Para que $\tan 45^\circ = 1$, têm-se $a = 2\sqrt{2}$ e $b = 4$.
- d)** Para que $\cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$, independem os valores de **a** e **b**.
- e)** Para que $\sin 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2}$, independem os valores de **a** e **b**.

Fonte: <<https://ifes.edu.br>>

satisfaz a condição proposta é o item **(a)**, conforme exposto na Figura 18, que apresenta as soluções do ChatGPT, Gemini e Claude, respectivamente.

5.1.3 Didática

Quando observado o viés didático das soluções dadas por cada uma das Inteligências Artificiais, observa-se que apesar de as soluções estarem todas corretas, o Claude trouxe soluções mais sintéticas em muitas questões, ao passo que o ChatGPT e o Gemini trouxeram soluções mais detalhadas e explicativas.

Como exemplo, cita-se a questão 11, que solicita a fórmula da medida da circun-

Figura 18 – Soluções apresentadas pelas IAs ChatGPT, Gemini e Claude

Solução.
No triângulo retângulo da figura, o ângulo entre o talude e o segmento b é de 45° .
A tangente de um ângulo é dada por

$$\tan \theta = \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}$$

Assim,
 $\tan 45^\circ = \frac{a}{b}$

Mas sabemos que
 $\tan 45^\circ = 1$.

11

Logo,
 $\frac{a}{b} = 1 \implies a = b$.

Portanto, para garantir um ângulo de 45° , as medidas de a e b devem ser iguais.
Entre as alternativas dadas, a única que apresenta um par de valores iguais e coerente com essa condição é

$a = 1$ e $b = 1$.

Portanto, a alternativa correta é a).

Solução:
No triângulo retângulo em questão, o ângulo de 45° possui como cateto oposto a medida a e como cateto adjacente a medida b . A tangente de um ângulo é a razão entre o cateto oposto e o cateto adjacente:

$$\tan(45^\circ) = \frac{a}{b}$$

Sabemos que a tangente de 45° é estritamente igual a 1. Substituindo na fórmula:

$$1 = \frac{a}{b} \implies a = b$$

Portanto, para garantir essa simplificação, as medidas a e b devem ser iguais. A única alternativa que apresenta uma relação matemática coerente e ilustra valores em que $a = b$ (consequentemente fazendo a razão ser 1) é a alternativa a.
Resposta: a) Para que a $\tan 45^\circ = 1$, têm-se os valores de $a = 1$ e $b = 1$.

Solução
Como $\tan 45 = 1$, temos: $\frac{a}{b} = 1 \implies a = b$

Analisando cada alternativa:

- a) $a = 1$ e $b = 1$. Satisfaz $a = b$, mas restringe a apenas um par de valores. A condição é $a = b$ para quaisquer valores iguais, não apenas $a = b = 1$.
- b) a e b quaisquer reais. Incorreta, pois precisamos de $a = b$.
- c) $a = 2\sqrt{2}$ e $b = 4$. Verificando: $\frac{a}{b} = \frac{2\sqrt{2}}{4} = \frac{\sqrt{2}}{2} \neq 1$. Não satisfaz.
- d) $\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}$, independentemente dos valores de a e b . A afirmação de que $\cos 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}$ é verdadeira, mas a conclusão de que a e b independentemente é falsa (precisamos de $a = b$).
- e) $\sin 45 = \frac{\sqrt{2}}{2}$, independentemente dos valores de a e b . Mesmo problema da alternativa d).

A alternativa a) é a que melhor atende: $\tan 45 = 1$ implica $\frac{a}{b} = 1$, e por $a = 1$, $b = 1$ satisfaz essa condição. Embora a condição geral seja $a = b$ (não apenas 1), entre as alternativas apresentadas, esta é a correta, pois é a única que garante $a = b$.
Resposta: alternativa a) Para que $\tan 45 = 1$, têm-se $a = 1$ e $b = 1$.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

ferência em função de um raio r . Observa-se que, enquanto o ChatGPT e o Gemini contextualizaram o problema, o Claude limitou-se a explicitar diretamente a fórmula, conforme ilustrado na Figura 19.

Figura 19 – Solução da questão 12 do Processo Seletivo para ingresso nos cursos técnicos integrados ao Ensino Médio do IFES — 2026 pelo Claude

Solução

Portanto, a fórmula correta é $C = 2\pi r$.

Resposta: alternativa e) $2\pi r$

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

5.2 Exame Nacional de Acesso para ingresso no Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (ENAPROFMAT) — 2024

A prova do Exame Nacional de Acesso (ENA) ao Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (Profmat) é um exame unificado nacional anual, que tem como objetivo selecionar candidatos para ingresso no programa ([Sociedade Brasileira de Matemática, s.d.](#)). O exame é composto por 30 questões objetivas, em etapa única, e tem duração de 3 horas.

De forma análoga à seção anterior, cada uma das três IAs — ChatGPT, Gemini e Claude — apresentou dois documentos de saída: o primeiro correspondente ao código $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ já configurado e o segundo ao documento em PDF, previamente compilado e estruturado.

Ressalta-se ainda que, assim como observado na seção anterior, o Claude não utilizou, no arquivo final, a cor vermelha solicitada para as soluções, ao contrário das IAs da OpenAI e do Google, que geraram documentos em conformidade com o comando enviado.

Todavia, em função do tamanho do caderno de prova original, composto por 30 questões distribuídas em 11 páginas, observaram-se diferenças no tempo de processamento entre as IAs, sendo que a IA da OpenAI demandou mais de 20 minutos para a geração do documento final, enquanto o Gemini e o Claude realizaram o mesmo processo em menos de um terço desse tempo. Isso pode ser justificado na diferença no padrão do PDF gerado em cada caso, visto que o ChatGPT, o Gemini e o Claude apresentaram documentos com 36, 14 e 14 páginas, respectivamente.

Essa diferença vem de um ponto crucial no documento gerado por cada IA, enquanto o Gemini e o Claude geraram e compilaram um puro, a IA da Openai gerou um documento com imagens, de forma mais específica, ela fez um recorte de cada questão do arquivo original e anexou algumas das questões nos respectivos enunciados e soluções, conforme ilustrado na Figura 20.

A seguir, segue a análise mais detalhada dos arquivos gerados por cada uma das três Inteligências Artificiais.

Figura 20 – Enunciado da questão 2 no arquivo compilado gerado pelo ChatGPT no Exame Nacional de Acesso para ingresso no Profmat - 2024

2 Questão 2

O conjunto solução do sistema de inequações

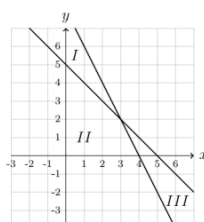
$$\begin{cases} x + y \leq 5, \\ 2x + y \leq 8 \end{cases}$$

é a região do plano identificada na figura acima pelo(s) número(s):

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

- (B) III, apenas.
- (C) I e II, apenas.
- (D) I e III, apenas.
- (E) I, II e III.

2. O conjunto solução do sistema de inequações é



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

5.2.1 Gabarito Final

Ao analisar o gabarito final gerado pelo ChatGPT, Gemini e Claude, observa-se que, ao contrário das soluções apresentadas na seção anterior, a taxa de acertos de duas das três IAs analisadas não é máxima. Nesse caso, verifica-se que tanto o ChatGPT quanto

o Gemini erraram uma questão cada, o que ainda resulta em uma taxa de acertos superior a 96%, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Tabela de acertos por IA no Exame Nacional de Acesso para ingresso no Profmat- 2024

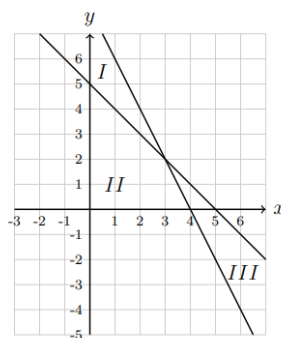
IA	Acertos	Porcentagem de acertos	Questões com erro
ChatGPT	29	96,7%	2
Gemini	29	96,7%	16
Claude	30	100%	—

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Ao analisar o erro cometido pela IA da Openai na questão 2 (Figura 21), observa-se que a construção lógica da solução está correta, porém há um equívoco na interpretação da figura na etapa final (Figura 22). De forma mais específica, o argumento utilizado — analisar, pela direita da intersecção (3,2), a região abaixo do gráfico delimitado pela reta suporte $2x + y = 8$ — é adequado; contudo, a IA indicou incorretamente a região III, quando, na realidade, a região que satisfaz o critério estabelecido é a região II.

Figura 21 – Questão 2 do Exame Nacional de Acesso ao Profmat

2. O conjunto solução do sistema de inequações $\begin{cases} x + y \leq 5 \\ 2x + y \leq 8 \end{cases}$



é a região do plano identificada na figura acima pelo(s) número(s):

- (A) I, apenas.
- (B) II, apenas.
- (C) I e III, apenas.
- (D) II e III, apenas.
- (E) I, II e III.

Fonte: <<https://profmat-sbm.org.br/ingresso-2026/>>

Por outro lado, o Gemini, na questão 16 (Figura 23), apresentou uma resolução coerente, com argumentação e resultado corretos. Todavia, observa-se que, ao transcrever o enunciado, copiou as alternativas de forma equivocada, mantendo apenas a alternativa (a) em conformidade com o original. Dessa forma, embora a resposta correta $\frac{1}{5}$ tenha

Figura 22 – Resolução da Questão 2 produzida pelo ChatGPT no contexto do Exame Nacional de Acesso ao PROFMAT 2024 e Gráfico delimitado na intersecção das retas suporte

Solução.

As retas-limite são

$$x + y = 5 \quad \text{e} \quad 2x + y = 8.$$

Escrevendo y em função de x , obtemos

$$y \leq 5 - x \quad \text{e} \quad y \leq 8 - 2x.$$

Portanto, o conjunto solução é a região que fica **abaixo das duas retas ao mesmo tempo**.

As duas retas se intersectam em

$$\begin{cases} x + y = 5, \\ 2x + y = 8. \end{cases}$$

Subtraindo a primeira da segunda:

$$x = 3.$$

Então

$$y = 5 - 3 = 2.$$

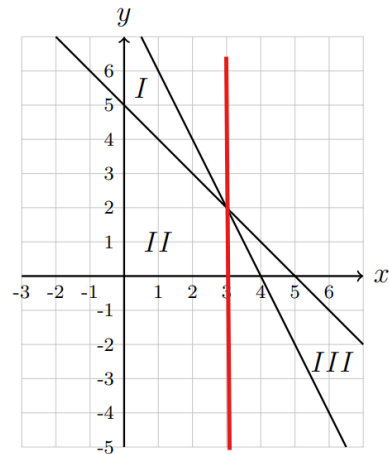
Logo, o ponto de intersecção é $(3, 2)$.

Observando a figura:

- à esquerda de $(3, 2)$, a região comum fica abaixo da reta $x + y = 5$, que corresponde à região II;
- à direita de $(3, 2)$, a região comum fica abaixo da reta $2x + y = 8$, que corresponde à região III.

Assim, o conjunto solução é formado pelas regiões II e III.

Resposta: (D)



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

sido obtida — a partir de um raciocínio adequado —, foi registrada incorretamente no gabarito, em função da inconsistência entre as alternativas apresentadas e as originais, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 23 – Questão 16 do Exame Nacional de Acesso ao Profmat

16. Considere um ângulo agudo α tal que $\text{sen } \alpha + \cos \alpha = \frac{7}{5}$.

Neste caso, tem-se que $|\text{sen } \alpha - \cos \alpha|$ é igual a

- (A) 1
- (B) $\frac{4}{5}$
- (C) $\frac{3}{5}$
- (D) $\frac{2}{5}$
- (E) $\frac{1}{5}$

Fonte: <https://profmatt-sbm.org.br/ingresso-2026/>

O Claude, apesar de apresentar as respostas mais sintéticas dentre as três IAs, mostrou-se mais coerente em relação ao gabarito oficial, apresentando uma taxa de acertos total superior às demais, o que evidencia, em um primeiro momento, maior precisão na interpretação e resolução das questões.

Figura 24 – Resolução da Questão 16 produzida pelo Gemini no contexto do Exame Nacional de Acesso ao PROFMAT 2024

Questão 16

Considere um ângulo agudo α tal que $\sin \alpha + \cos \alpha = \frac{7}{5}$. Neste caso, tem-se que $|\sin \alpha - \cos \alpha|$ é igual a:

(A) 1 (B) 1/5 (C) 1/7 (D) 1/25 (E) 5/7

Solução:

Elevando ambos os membros da equação fornecida ao quadrado: $(\sin \alpha + \cos \alpha)^2 = \left(\frac{7}{5}\right)^2 \implies \sin^2 \alpha + 2 \sin \alpha \cos \alpha + \cos^2 \alpha = \frac{49}{25}$.

Aplicando a identidade trigonométrica fundamental ($\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$): $1 + 2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{49}{25} \implies 2 \sin \alpha \cos \alpha = \frac{49}{25} - 1 = \frac{24}{25}$.

Queremos encontrar o valor de $|\sin \alpha - \cos \alpha|$. Vamos calcular o quadrado dessa expressão: $(\sin \alpha - \cos \alpha)^2 = \sin^2 \alpha - 2 \sin \alpha \cos \alpha + \cos^2 \alpha = 1 - 2 \sin \alpha \cos \alpha$.

Substituindo o valor encontrado para $2 \sin \alpha \cos \alpha$: $(\sin \alpha - \cos \alpha)^2 = 1 - \frac{24}{25} = \frac{1}{25}$.

Extraindo a raiz quadrada em ambos os lados, obtemos o módulo: $|\sin \alpha - \cos \alpha| = \sqrt{\frac{1}{25}} = \frac{1}{5}$.

Alternativa correta: **(B)**.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

5.2.2 Organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)

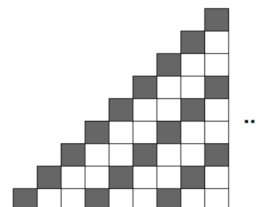
Destaca-se aqui que apesar dos erros cometidos pelas IAs da Openai e Gemini, a taxa de acertos maior que 96% supera a a pontuação máxima obtida em múltiplos polos do Profmat no Brasil.

Percebe-se, a partir da seção anterior, que os erros cometidos pelo ChatGPT e pelo Gemini não foram de natureza conceitual, mas decorrentes de falhas na leitura e na extração das informações presentes no caderno de prova. Outro ponto de destaque refere-se à construção lógica das soluções apresentadas: observa-se que, em cada IA, há padrões de resolução que mobilizam resultados prévios semelhantes, embora por caminhos distintos.

Como exemplo, cita-se a questão 7 do caderno de prova (Figura 25), na qual cada IA apresentou uma solução correta, mas com caminhos diferentes.

Figura 25 – Questão 7 do Exame Nacional de Acesso ao Profmat

7. Um tabuleiro é formado de casas quadradas de mesmo tamanho e contém 300 colunas. Cada coluna possui uma casa a mais do que a coluna imediatamente a sua esquerda. A casa superior de cada coluna é pintada de preto e cada linha segue pintada com duas casas brancas e uma preta, depois repete-se esse padrão. A figura abaixo mostra as primeiras 9 colunas desse tabuleiro.



Quantas casas pretas possui o tabuleiro?

Fonte: <<https://profmat-sbm.org.br/ingresso-2026/>>

Observe, a seguir, as soluções apresentadas pelo ChatGPT, Gemini e Claude, respectivamente, as quais, embora utilizem os mesmos resultados prévios — soma de uma Progressão Aritmética e critérios de divisibilidade (considerando a parte inteira) —,

apresentam caminhos distintos. De forma mais geral, verifica-se que todas as soluções recorrem à divisão por três com uso da parte inteira (ainda que o Gemini o faça de maneira mais indireta) e à soma dos termos obtidos por meio do agrupamento da soma total em três blocos, isto é, a decomposição da soma $1 + 2 + 3 + \dots + 100$ em três subconjuntos equivalentes.

- **Solução ChatGPT:** O tabuleiro possui colunas com alturas

$$1, 2, 3, \dots, 300.$$

Equivalentemente, as linhas possuem comprimentos

$$300, 299, 298, \dots, 1.$$

Em cada linha, o padrão é:

preta, branca, branca, preta, branca, branca, ...

Assim, em uma linha com m casas, o número de casas pretas é

$$\left\lceil \frac{m}{3} \right\rceil.$$

Logo, o total de casas pretas é

$$\sum_{m=1}^{300} \left\lceil \frac{m}{3} \right\rceil.$$

Agrupando em trios:

$$\left\lceil \frac{1}{3} \right\rceil = \left\lceil \frac{2}{3} \right\rceil = \left\lceil \frac{3}{3} \right\rceil = 1,$$

$$\left\lceil \frac{4}{3} \right\rceil = \left\lceil \frac{5}{3} \right\rceil = \left\lceil \frac{6}{3} \right\rceil = 2,$$

e assim por diante, até

$$\left\lceil \frac{298}{3} \right\rceil = \left\lceil \frac{299}{3} \right\rceil = \left\lceil \frac{300}{3} \right\rceil = 100.$$

Portanto,

$$\sum_{m=1}^{300} \left\lceil \frac{m}{3} \right\rceil = 3(1 + 2 + \dots + 100).$$

Como

$$1 + 2 + \dots + 100 = \frac{100 \cdot 101}{2} = 5050,$$

segue que

$$3 \cdot 5050 = 15150.$$

Logo,

Resposta: (D)

- **Solução Gemini:** A coluna x (da esquerda para a direita, $1 \leq x \leq 300$) possui x casas. A casa do topo da coluna x encontra-se na linha de altura $y = x$ e possui cor preta.

O padrão ao longo da linha horizontal y é: a primeira casa (que está na coluna $x = y$) é preta, seguida de duas brancas ($x = y + 1, y + 2$), depois outra preta ($x = y + 3$) e assim por diante.

Portanto, a casa da coluna x e linha y é preta se, e somente se, a diferença de suas posições horizontais em relação à primeira casa for um múltiplo de 3, ou seja, se $x - y$ for múltiplo de 3.

Assim, na coluna x , precisamos contar quantos valores de $y \in \{1, 2, \dots, x\}$ deixam o mesmo resto que x na divisão por 3.

Analisando as colunas conforme seus valores variam: - Para $x = 1, 2, 3$, a quantidade de casas pretas em cada coluna é 1, 1, 1. (A soma das 3 colunas é 3). - Para $x = 4, 5, 6$, a quantidade de casas pretas em cada coluna é 2, 2, 2. (A soma das 3 colunas é 6). - De forma geral, para colunas no intervalo $x \in \{3k - 2, 3k - 1, 3k\}$, cada coluna tem exatamente k casas pretas. A soma das 3 colunas desse bloco é $3k$.

O total de colunas é 300, então k varia de 1 a $\frac{300}{3} = 100$.

A quantidade total de casas pretas no tabuleiro é a soma de $3k$ para k variando de 1 a 100: $Total = \sum_{k=1}^{100} 3k = 3 \sum_{k=1}^{100} k = 3 \cdot \frac{100 \cdot 101}{2} = 3 \cdot 5050 = 15150$.

Alternativa correta: **(D)**.

- **Solução Claude:** A coluna k tem k casas ($k = 1, 2, \dots, 300$). As casas pretas estão nas posições 1, 4, 7, 10, ... (contando de cima para baixo), ou seja, nas posições da forma $1 + 3j$, com $j \geq 0$.

Na coluna k , o número de casas pretas é o número de valores de j tais que $1 + 3j \leq k$, ou seja, $j \leq \frac{k-1}{3}$. Logo:

$$b(k) = \left\lfloor \frac{k-1}{3} \right\rfloor + 1.$$

Total de casas pretas:

$$\sum_{k=1}^{300} b(k) = \sum_{k=1}^{300} \left(\left\lfloor \frac{k-1}{3} \right\rfloor + 1 \right) = 300 + \sum_{m=0}^{299} \left\lfloor \frac{m}{3} \right\rfloor.$$

Como $300 = 3 \times 100$, a soma $\sum_{m=0}^{299} \left\lfloor \frac{m}{3} \right\rfloor$ agrupa-se em blocos de 3:

$$\sum_{j=0}^{99} 3j = 3 \cdot \frac{99 \cdot 100}{2} = 14850.$$

Total: $300 + 14850 = 15150$.

Resposta: (D)

Conclui-se, portanto, que, apesar das diferenças nos caminhos adotados, as três soluções analisadas evidenciam uma organização lógica consistente, ancorada no uso adequado de definições e resultados clássicos. Tal convergência reforça a ideia de que, mesmo diante de estratégias distintas, há uma coerência matemática na resolução dos problemas.

5.2.3 Didática

Ao analisar a didática das soluções apresentadas, observa-se que o Claude, embora tenha apresentado a maior quantidade de questões corretas, adota um padrão de respostas mais sintético em relação às IAs do Google e da OpenAI. De forma geral, a diferença no número de páginas dos documentos compilados — 36, 14 e 14 páginas nos materiais gerados pelo ChatGPT, Gemini e Claude, respectivamente — reflete diretamente a didática das soluções, evidenciando resoluções mais detalhadas e organizadas no ChatGPT, seguidas por soluções bem estruturadas, porém mais compactas, no Gemini.

A fim de exemplificar essa situação, considera-se a Questão 5.2.1 — Questão 4 do caderno de prova —, apresentada a seguir, juntamente com as soluções elaboradas por cada uma das IAs.

Questão 5.2.1. *Qual das opções abaixo é equivalente a $25\%^{50\%}$?*

(A) 12,5% (B) 0,5% (C) 5% (D) 50% (E) 125%

Solução ChatGPT: Temos

$$25\% = \frac{25}{100} = \frac{1}{4} \quad \text{e} \quad 50\% = \frac{1}{2}.$$

Logo,

$$25\%^{50\%} = \left(\frac{1}{4}\right)^{1/2} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2}.$$

Mas

$$\frac{1}{2} = 50\%.$$

Portanto,

Resposta: (D)

Solução Gemini: Lembrando que $x\% = \frac{x}{100}$, podemos reescrever a expressão dada:

$$25\% = 0,25 = \frac{1}{4}$$

$$50\% = 0,50 = \frac{1}{2}$$

$$\text{Assim: } 25\%^{50\%} = (0,25)^{0,5} = \left(\frac{1}{4}\right)^{1/2} = \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} = 0,5.$$

Convertendo de volta para porcentagem: $0,5 = 50\%$.

Alternativa correta: (D).

Solução Claude: Convertendo os percentuais para decimais:

$$25\%^{50\%} = (0,25)^{0,5} = \sqrt{0,25} = 0,5 = 50\%.$$

Resposta: (D)

Em termos gerais, a comparação evidencia que o número de páginas não é apenas um dado quantitativo, mas um indicador do estilo didático adotado por cada modelo. Dessa forma, as diferenças observadas não se limitam à extensão dos materiais, mas refletem escolhas metodológicas distintas quanto ao nível de detalhamento, mediação conceitual e público-alvo implícito.

Além disso, evidencia-se que simples alterações nos prompts podem resultar em documentos de saída significativamente distintos. Como exemplo, observa-se que prompts que explicitam com maior rigor o nível didático desejado influenciam diretamente a qualidade, o tamanho e a organização das soluções geradas.

5.3 Exame Nacional de Qualificação (ENQ PROFMAT) — 2026

O Exame Nacional de Qualificação (ENQ) é uma avaliação realizada duas vezes ao ano, composta por questões discursivas que abrangem os conteúdos das quatro disciplinas obrigatórias do primeiro ano do PROFMAT, a prova é elaborada pela Comissão Nacional de Avaliação dos Discentes ([Sociedade Brasileira de Matemática, 2021a](#)). Para além disso, a prova é constituída por oito questões, cada uma valendo 1,25 pontos, totalizando dez pontos. Para aprovação, o estudante deve obter nota igual ou superior a cinco pontos ([Sociedade Brasileira de Matemática, 2026](#)).

Como o ENQ é uma avaliação discursiva, a análise do gabarito será realizada de forma distinta das seções anteriores. Será feita a correção das resoluções geradas por cada uma das IAs, tomando como base a chave de correção oficial disponibilizada por [Sociedade Brasileira de Matemática \(2021b\)](#)³. Dessa forma, será atribuída uma nota variando de 0 a 10 para cada um dos documentos de saída produzidos pelas IAs.

Assim como nos casos anteriores, as três Inteligências Artificiais geraram documentos em \LaTeX já compilados em PDF, mantendo o padrão observado anteriormente. Verifica-se que o Claude não apresentou a formatação solicitada no prompt (no que se refere às cores), enquanto o ChatGPT demandou um tempo significativamente maior para a geração do documento final, além de produzir um material com exatamente o dobro de páginas em relação às demais IAs — 16, 8 e 8 páginas para ChatGPT, Gemini e Claude, respectivamente.

³ <<https://profmatt-sbm.org.br/exame-nacional-de-qualificacao/>>

Como o formato da prova é fundamentalmente diferente das anteriores, será feita uma análise única das soluções finais e encadeamento lógico, visto que neste caso, o resultado final depende exclusivamente da chave de correção e dos critérios previamente estabelecidos na pauta de correção oficial.

5.3.1 Gabarito Final e organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)

A seguir, segue, na Tabela 7, a correção dos cadernos gerados pelo ChatGPT, Gemini e Claude.

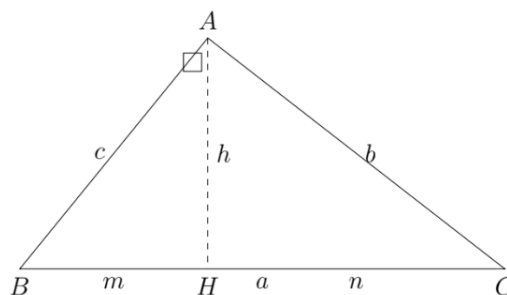
Tabela 7 – Desempenho por questão no Exame Nacional de Qualificação Profmat - 2026.1

Questões	1	2	3	4	5	6	7	8	Total
ChatGPT	1,25	1,25	1,25	1,00	1,25	1,25	1,25	1,25	9,75
Gemini	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	10,00
Claude	1,25	1,25	1,25	1,00	1,25	1,25	0,75	1,25	9,25

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Observa-se, ainda, a ocorrência de problemas pontuais na formatação em *TikZ* de determinadas soluções, os quais comprometem parcialmente a precisão visual das construções. Como exemplo, no enunciado da questão 2 (Figura 26), produzido pelo ChatGPT, verifica-se uma inconsistência na representação da posição do ângulo reto.

Figura 26 – Triângulo em Tikz produzido pelo ChatGPT



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Na questão 3, chama atenção o fato de que a resolução oficial não explicita que 0 não é raiz, aspecto que possui relevância matemática na argumentação. Nesse ponto, tanto o Gemini quanto o Claude apresentam essa observação, ao passo que o ChatGPT não a menciona.

Na questão 5, as três inteligências artificiais racionalizaram a expressão $\frac{1}{\sqrt{7}}$, enquanto o solucionário oficial não realiza tal procedimento, embora o resultado final permaneça correto.

Na questão 4, item b (Figura 27), o ChatGPT e o Claude chegaram ao resultado correto e apresentaram uma argumentação satisfatória, todavia, não explicitaram o primeiro tópico do item b presente na pauta de correção, a saber, a indicação do algarismo das unidades como o resto da divisão por 10. Trata-se de um detalhe conceitual relevante, ainda que não comprometa a validade da resposta final.

Figura 27 – Questão 4 do Exame Nacional de Qualificação do Profmat

Questão 04 [1,25 ::: (a)=0,50; (b)=0,75]

Determine

- (a) o resto da divisão de $1^{22} + 2^{22} + \dots + 157^{22}$ por 23.
- (b) o algarismo das unidades do número $17^{509} + 19^{905}$.

Fonte: <<https://profmat-sbm.org.br/exame-nacional-de-qualificacao/>>

Na questão 7, item (b), em que se pedia a prova de que $35^4 + 4^{55}$ não é primo a partir da identidade demonstrada em (a), as três inteligências artificiais efetuaram a fatoração esperada, com a escrita de $4^{55} = 4 \cdot (2^{27})^4$. Todavia, o Claude interpretou o enunciado como 3^{54} em vez de 35^4 , o que comprometeu a resolução apresentada.

Ressalta-se que as três IAs apresentaram coerência matemática na estruturação da prova gerada, sendo que os erros identificados decorrem de falhas na leitura do arquivo de entrada ou da adoção implícita de critérios que deveriam estar explicitamente definidos.

5.3.2 Didática

Ao analisar o viés didático das resoluções apresentadas, observa-se que os padrões identificados anteriormente se mantêm, com o ChatGPT apresentando explicações mais detalhadas e melhor organização, especialmente no que se refere às quebras de linha.

Por outro lado, o Gemini tende a apresentar soluções mais compactas, enquanto o Claude mantém um padrão ainda mais sintético. Embora, nesta avaliação, as IAs do Google e da Anthropic tenham apresentado estruturas e extensões de respostas bastante semelhantes.

Reforça-se, ainda, que as soluções apresentaram didática semelhante à do solucionário oficial, sendo que o ChatGPT explicitou ainda mais essas resoluções, quando analisado o gabarito oficial.

5.4 Concurso Público para professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2024

Para além das avaliações envolvendo apenas matemática elementar, realizou-se também a análise de um recorte da prova de Concurso Público para o IFES, realizada no ano de 2024, cuja estrutura contempla conteúdos que extrapolam a Matemática da Educação Básica, como Cálculo Diferencial e Integral, conceitos mais abstratos de Geometria Analítica, Álgebra Linear, entre outros tópicos. O recorte da parte matemática consiste em 35 questões objetivas, com 5 alternativas cada, sendo apenas uma correta ([Instituto Federal do Espírito Santo, 2024b](#)).

Na resolução da prova, observa-se que, assim como nos cadernos anteriores, as IAs da OpenAI, Gemini e Anthropic geraram dois documentos de saída: o primeiro correspondente ao código L^AT_EX e o segundo ao PDF já compilado. Verifica-se, contudo, uma diferença significativa no tamanho desses documentos, sendo que os PDFs gerados pelo ChatGPT, Gemini e Claude possuem, respectivamente, 30, 22 e 11 páginas.

Além disso, ao contrário do observado nos cadernos anteriores, o Claude apresentou, ao menos em algumas questões, um documento de saída mais condizente com o prompt solicitado no que se refere ao padrão de cores; todavia, apresentou enunciados cortados, característica também observada no documento gerado pelo Gemini.

5.4.1 Gabarito Final

Considerando o gabarito oficial disponibilizado por [Instituto Federal do Espírito Santo \(2024a\)](#), verifica-se que as questões 19, 26, 33 e 50 foram anuladas. Dessa forma, tais questões estão desconsideradas na análise do quantitativo total de acertos, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 – Tabela de acertos por IA no Concurso Público para professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2024

IA	Acertos	Porcentagem de acertos	Questões com erro
ChatGPT	30	96,8%	48
Gemini	29	93,5%	41, 48
Claude	29	93,5%	39, 48

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Inicialmente, observa-se que as três Inteligências Artificiais obtiveram uma taxa de acertos superior a 90%, com leve vantagem para a IA da OpenAI. Destaca-se, ainda, que todas erraram a questão 48 (Figura 28), assinalando a mesma alternativa (a).

Figura 28 – Questão 48 do Concurso Público para professor do Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) — 2024

48. O determinante é um número real que pode ser associado a uma matriz quadrada. O valor determinante é importante para inferir algumas informações sobre a matriz e construir significados tanto geométricos quanto algébricos sobre a matriz. Considerando seus conhecimentos de Álgebra Linear, analise as afirmações.

- I. O determinante de uma matriz diagonal é o produto dos elementos a_{ij} , sendo $i = j$
- II. A troca de duas linhas (ou duas colunas) de uma matriz inverte o determinante.
- III. A soma de um múltiplo de uma linha (ou coluna) a outra não muda o valor do determinante.
- IV. A multiplicação de uma única linha ou coluna de uma matriz por um escalar tem o efeito de dividir o determinante por esse escalar.

É **CORRETO** afirmar que:

- a) Apenas I, II e III estão corretas
- b) Apenas I e II estão corretas
- c) Apenas I e III estão corretas
- d) Apenas II e III estão corretas
- e) Apenas II e IV estão corretas

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Ao analisar as soluções obtidas, observa-se um erro na interpretação do enunciado, uma vez que a resposta correta (item (c)) considera válidas apenas as afirmações (I) e (III). No entanto, as três IAs também consideraram verdadeira a afirmação (II), isto é, que a troca de duas linhas (ou colunas) de uma matriz inverte o determinante.

Nesse caso, a divergência decorre do fato de as IAs interpretarem a inversão como inverso aditivo, enquanto o enunciado pressupõe implicitamente o inverso multiplicativo, o que conduz à inconsistência na escolha da alternativa correta, conforme apresentado abaixo:

- **Solução ChatGPT:** Verdadeira. Trocar duas linhas (ou duas colunas) muda o sinal do determinante.
- **Solução Gemini:** Verdadeira. A permutação simples entre duas linhas ou entre colunas muda o sinal matemático associado ao determinante. Na terminologia local, “inverter” expressa formalmente a inversão aditiva ($\text{Det} \rightarrow \text{Det}$).
- **Solução Claude:** Trocar duas linhas/colunas *inverte o sinal* do determinante. Verdadeira.

Para além disso, observa-se que, dentre as questões anuladas, nenhuma das IAs identificou inconsistências nas questões 26 e 33, apenas o ChatGPT as identificou na questão 19, enquanto todas reconheceram a inconsistência na questão 50.

5.4.2 Organização (encadeamento lógico e uso adequado de definições e teoremas)

Na análise das resoluções apresentadas pelas três Inteligências Artificiais, verifica-se que todas utilizaram, de maneira adequada, resultados prévios para fundamentar suas

respostas, recorrendo a definições, propriedades e teoremas pertinentes aos conteúdos abordados em cada questão.

Tal aspecto é particularmente relevante neste caderno, uma vez que as questões contemplam tópicos mais avançados da Matemática — Cálculo Diferencial e Integral, Álgebra Linear, entre outros tópicos —, exigindo, portanto, um encadeamento lógico mais refinado do que o observado nos cadernos de Matemática da Educação Básica.

Observa-se que, de modo geral, as três IAs estruturaram suas soluções de forma coerente, partindo da identificação dos dados e do que se pretendia determinar, seguido pela aplicação de definições e teoremas e, por fim, pela obtenção da resposta.

Não foram identificadas inconsistências significativas no uso de resultados matemáticos, tampouco saltos lógicos que comprometessem a validade da maior parte das soluções apresentadas, ainda que, tenha havido erro na leitura do caderno de prova ou mesmo a resolução de questões com inconsistências em sua estrutura.

5.4.3 Didática

No que se refere ao aspecto didático, isto é, à clareza, organização e capacidade de comunicação das soluções apresentadas, observam-se diferenças relevantes entre as três Inteligências Artificiais.

O ChatGPT destacou-se por apresentar textos mais claros e bem organizados, com explicações detalhadas acerca de cada etapa da resolução, recorrendo, quando pertinente, à explicitação das definições e propriedades utilizadas, o que favorece a compreensão por parte do leitor.

O Gemini, por sua vez, apresentou respostas mais compactas em comparação ao ChatGPT, mantendo, contudo, um bom nível de clareza e organização. As soluções apresentam as etapas essenciais da resolução, embora com menor grau de detalhamento nas justificativas intermediárias.

Já o Claude, apesar de apresentar respostas corretas e com bom encadeamento lógico, caracterizou-se por soluções excessivamente diretas e sintéticas, privilegiando a objetividade em detrimento do detalhamento didático. Tal característica, embora não comprometa a correção das respostas, pode limitar o alcance didático das resoluções.

5.5 Primeira fase do processo seletivo do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) — 2025

O Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) é uma renomada instituição universitária vinculada ao Comando da Aeronáutica (COMAER), localizada no Departamento de

Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA), em São José dos Campos, São Paulo ([Instituto Tecnológico de Aeronáutica, s.d.](#)). É reconhecido nacionalmente como um dos principais centros de excelência em engenharia no Brasil ([Brasil, 2020](#)).

Além disso, frequentemente aparece, como uma das principais referências quando se trata dos vestibulares mais difíceis do país, em função de seu caráter altamente conteudista e, ao mesmo tempo, fortemente baseado em raciocínio lógico.

A prova do ITA de 2025, em sua primeira fase objetiva, foi composta por questões de múltipla escolha, com cinco alternativas cada, totalizando 48 questões distribuídas entre as disciplinas de Matemática, Física, Química e Inglês, sendo 12 itens destinados especificamente à Matemática.

Ao solicitar a resolução da referida prova às IAs da OpenAI, Google e Anthropic, observa-se que o padrão de saída permaneceu inalterado em relação às provas anteriores, com cada IA gerando dois documentos: o código \LaTeX e o arquivo PDF. Contudo, verifica-se que todas as IAs demandaram um tempo significativamente maior para a geração dos arquivos.

Ressalta-se que, de forma geral, as três IAs apresentaram estruturas semelhantes nos documentos gerados, tanto no número de páginas — 12, 11 e 8 páginas para ChatGPT, Gemini e Claude, respectivamente — quanto no padrão de tamanho e de cores das soluções.

5.5.1 Gabarito Final

Analisando o gabarito oficial, verifica-se, nas questões de matemática, que a questão 9 foi anulada, devido à sua resposta correta não estar presente em nenhuma das alternativas. Sendo assim, são consideradas para análise de gabarito apenas 11 questões do caderno original, conforme exposto na Tabela 9.

Tabela 9 – Tabela de acertos por IA na primeira fase do processo seletivo do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) — 2025

IA	Acertos	Porcentagem de acertos	Questões com erro
ChatGPT	11	100%	—
Gemini	11	100%	—
Claude	10	90,9%	5

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

De forma geral, percebe-se que ambas as IAs apresentaram desempenho similar, com breve desvantagem para o Claude, que apresentou solução incorreta em um dos itens da questão (5) — Figura 29 —, de forma mais específica, no item (I).

Observa-se que, na questão em análise, as três IAs determinaram corretamente o

particularmente relevante. Verifica-se que as três IAs, em sua maioria, evitaram saltos argumentativos injustificados, apresentando uma progressão coerente entre as etapas das resoluções.

Destaca-se o uso adequado de resultados clássicos, os quais foram mobilizados de maneira alinhada ao que se espera em soluções formais nesse nível de exigência. Mesmo nos casos em que ocorreram divergências, como na questão 5, o erro apresentado pelo Claude não decorre de falha no encadeamento lógico em si, mas de uma escolha conceitual restritiva que compromete a generalidade da conclusão.

Assim, pode-se afirmar que, sob o ponto de vista da organização lógica, as três IAs apresentaram desempenho semelhante, com soluções bem estruturadas e fundamentadas em resultados matemáticos pertinentes, preservando, em grande parte, a coerência interna dos argumentos desenvolvidos.

5.5.3 Didática

No que se refere ao aspecto didático, observa-se novamente um padrão relativamente semelhante entre as três Inteligências Artificiais. Destaca-se que ChatGPT e o Gemini apresentaram resoluções mais detalhadas, com maior explicitação das transições entre etapas e das justificativas utilizadas. Já o Claude caracterizou-se por respostas mais sintéticas e diretas, priorizando a objetividade. Embora tal abordagem não comprometa, em geral, a compreensão global das soluções

Um ponto que merece destaque refere-se à questão 9, posteriormente anulada. Observa-se que o erro cometido pelo Claude — ao não identificar a inconsistência nas alternativas — é didaticamente sutil e pode passar despercebido em uma leitura superficial. Isso se deve ao fato de que a solução apresentada mantém um encadeamento lógico coerente e está alinhada, em aparência, ao padrão estrutural observado nas demais respostas. Ou seja, a consistência formal e o sequenciamento adequado das etapas acabam por conferir uma aparência de correção, mesmo diante de uma falha na análise crítica das alternativas.

Esse aspecto evidencia que, embora a organização e a clareza sejam elementos centrais para a qualidade didática, não são, por si sós, suficientes para garantir a validade da resposta, sendo igualmente necessária a verificação rigorosa da compatibilidade entre o resultado obtido e as alternativas propostas. Nesse contexto, destaca-se o potencial didático das IAs para alunos, professores e pesquisadores; contudo, é fundamental que tal potencial esteja alinhado ao uso crítico e reflexivo.

5.6 Conversão de Notas de Aula e Materiais Matemáticos manuscritos para LaTeX

Outra potencialidade associada ao uso das Inteligências Artificiais na Matemática está na transcrição de notas de aula e materiais manuscritos, o que pode facilitar significativamente a produção e o compartilhamento de conteúdos didáticos ou científicos.

Essa transcrição pode abranger desde a conversão de manuscritos em texto no chat e em arquivos como **PDF**, **Microsoft Word** e **Google Documentos**, até a geração de códigos \LaTeX . Essa última possibilidade amplia consideravelmente o campo de atuação de pesquisadores e professores de Matemática em diferentes níveis de ensino — desde o Ensino Básico até o Ensino Superior.

Para testar essa funcionalidade, foi realizada, em primeiro momento, o resumo manuscrito das **unidades 2 a 7**, do livro *Geometria Analítica*, de [Delgado, Frensel e Crissaff \(2013\)](#). Após isso, foi pedido ao *Gemini*, em sua função *Deep Research*, própria para relatórios e investigações mais detalhadas, para analisar cuidadosamente todo o material e transformá-lo em código \LaTeX , sem alterações em sua estrutura. O *prompt* utilizado está disposto na Tabela 10, a Figura 30 retrata o plano de pesquisa/análise gerado pelo Gemini.

Tabela 10 – Prompt Gemini para transcrição de manuscritos

Analise todo o arquivo manuscrito e transforme, sem excluir nada, tudo em código LaTeX, colocando o que está em caixa dentro de caixas, mantendo ordem e estrutura.

Fonte: Produção do próprio autor (2025).

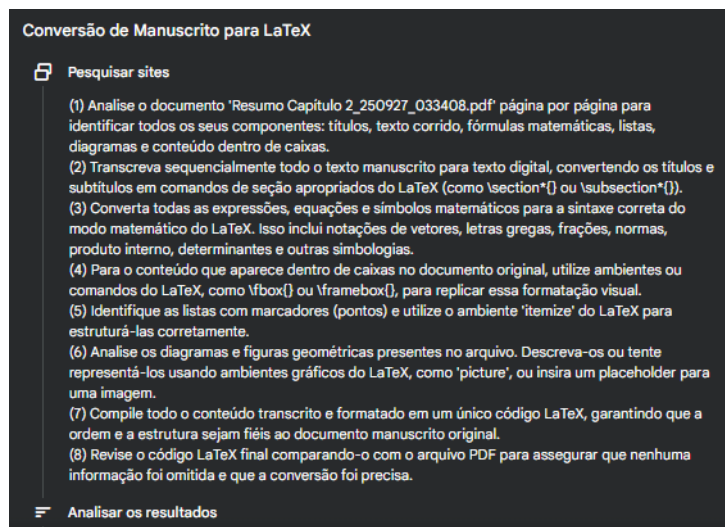
De forma análoga às soluções por IA nas seções anteriores, a fim de manter a idoneidade do trabalho, optou-se por disponibilizar os resumos manuscritos feitos e as transcrições em domínio específico, no site [conversão de manuscritos em \$\text{\LaTeX}\$](https://sites.google.com/view/transcricoeslatex/transcri%C3%A7ao-de-manuscritos-em-latex) , disponível em [<https://sites.google.com/view/transcricoeslatex/transcri%C3%A7ao-de-manuscritos-em-latex>](https://sites.google.com/view/transcricoeslatex/transcri%C3%A7ao-de-manuscritos-em-latex).

Ressalta-se que, após a geração dos documentos, optou-se por complementá-los com imagens, com o objetivo de torná-los mais didáticos. Ademais, nenhuma outra alteração foi realizada, mantendo-se integralmente a estrutura do código \LaTeX inalterada.

De forma geral, observaram-se, nas transcrições em \LaTeX , variações no que diz respeito à padronização dos documentos, decorrentes da estrutura simples do *prompt*. Cita-se, como exemplo, a criação de um sumário no documento final, observada apenas nas transcrições das Unidades 2, 3 e 4, conforme exemplificado na Figura 31.

Indo além dessas variações nos documentos gerados, observa-se que, apesar de alguns erros de leitura, os materiais mantêm uma estrutura semelhante e uma escrita

Figura 30 – Plano de pesquisa/análise gerado pelo Gemini



Fonte: Produção do autor por meio do Gemini (2025).

Figura 31 – Sumário da transcrição de resumo da Unidade 2 da Disciplina MA23 - Geometria Analítica (Profmat)

Conteúdo

1 Operações com Vetores	2
1.1 Definições Básicas	2
1.2 Propriedades das Operações com Vetores	2
1.2.1 Propriedades da Adição	2
1.2.2 Propriedades da Multiplicação por Escalar	2
2 Aplicações e Combinação Linear	2
2.1 Combinação Linear de Vetores	3
3 Produto Interno	4
3.1 Norma (Comprimento) de um Vetor	4
3.2 Ângulo entre Dois Vetores	4
4 Propriedades do Produto Interno	4
4.1 Ortogonalidade	5
5 Projeções e Área	5
5.1 Projeção Ortogonal	5
5.2 Vetores com Ângulo Definido	6
5.3 Área de um Paralelogramo e de um Triângulo	6

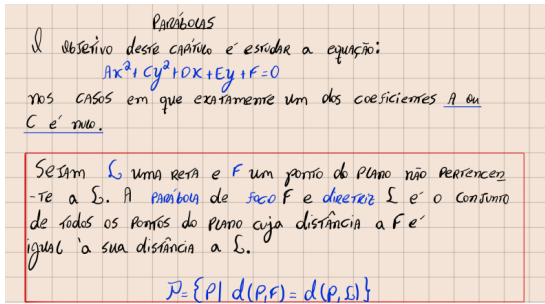
Fonte: Produção do próprio autor, com auxílio do Gemini (2025).

condizente com o conteúdo manuscrito, evidenciando a capacidade atual das IAs na análise visual de documentos. Tal coerência é apresentada na Figura 32, que mostra lado a lado a escrita manuscrita e o resultado gerado na definição de Parábola, apresentada no início da Unidade 7 do livro de Delgado, Frensel e Crissaff (2013).

Destaca-se que, apesar da coerência demonstrada nas transcrições, observaram-se alterações sutis nos documentos finais, tornando-os mais fluídos, padrão identificado em todos os materiais gerados. Tal aspecto pode ser observado na Figura 33, na demonstração de que os pontos médios dos lados de um quadrilátero no plano são vértices de um paralelogramo.

Essas pequenas alterações refletem-se também nas definições e na teoria apresentadas ao longo das unidades, como observado na terminologia referente às parábolas (Figura

Figura 32 – Definição manuscrita e transcrita em L^AT_EX



Parábolas

O objetivo deste capítulo é estudar a equação:

$$Ax^2 + Cy^2 + Dx + Ey + F = 0$$

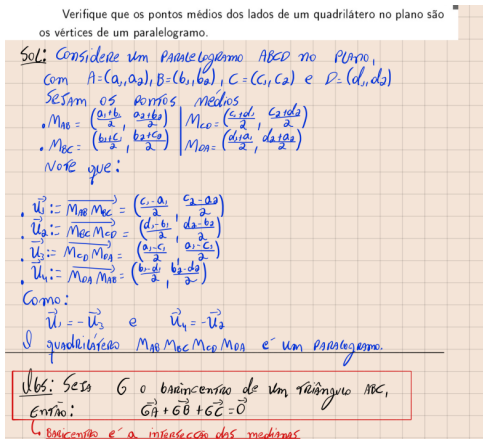
nos casos em que exatamente um dos coeficientes A ou C é nulo.

Sejam l uma reta e F um ponto do plano não pertencente a l . A parábola de foco F e diretriz l é o conjunto de todos os pontos do plano cuja distância a F é igual a sua distância a l .

$$P = \{P \mid d(P, F) = d(P, l)\}$$

Fonte: Produção do próprio autor (2025).

Figura 33 – Demonstração formal de que os pontos médios dos lados de um quadrilátero no plano são vértices de um paralelogramo



Exemplo 1. Verifique que os pontos médios dos lados de um quadrilátero no plano são os vértices de um paralelogramo.

2

Demonstração. Considere um quadrilátero $ABCD$ no plano, com vértices $A = (a_1, a_2)$, $B = (b_1, b_2)$, $C = (c_1, c_2)$ e $D = (d_1, d_2)$. Sejam os pontos médios:

$$M_{AB} = \left(\frac{a_1 + b_1}{2}, \frac{a_2 + b_2}{2}\right) \quad M_{CD} = \left(\frac{c_1 + d_1}{2}, \frac{c_2 + d_2}{2}\right)$$

$$M_{BC} = \left(\frac{b_1 + c_1}{2}, \frac{b_2 + c_2}{2}\right) \quad M_{DA} = \left(\frac{d_1 + a_1}{2}, \frac{d_2 + a_2}{2}\right)$$

Note que os vetores que formam os lados do quadrilátero interno são:

$$\vec{u}_1 := \overrightarrow{M_{AB}M_{BC}} = \left(\frac{c_1 - a_1}{2}, \frac{c_2 - a_2}{2}\right)$$

$$\vec{u}_2 := \overrightarrow{M_{BC}M_{CD}} = \left(\frac{d_1 - b_1}{2}, \frac{d_2 - b_2}{2}\right)$$

$$\vec{u}_3 := \overrightarrow{M_{CD}M_{DA}} = \left(\frac{a_1 - c_1}{2}, \frac{a_2 - c_2}{2}\right)$$

$$\vec{u}_4 := \overrightarrow{M_{DA}M_{AB}} = \left(\frac{b_1 - d_1}{2}, \frac{b_2 - d_2}{2}\right)$$

Como $\vec{u}_1 = -\vec{u}_3$ e $\vec{u}_2 = -\vec{u}_4$, os lados opostos são paralelos e de mesmo comprimento. Portanto, o quadrilátero $M_{AB}M_{BC}M_{CD}M_{DA}$ é um paralelogramo. □

Observação 1. Se G é o baricentro de um triângulo ABC , então:

$$\vec{GA} + \vec{GB} + \vec{GC} = \vec{0}$$

O baricentro é a interseção das medianas.

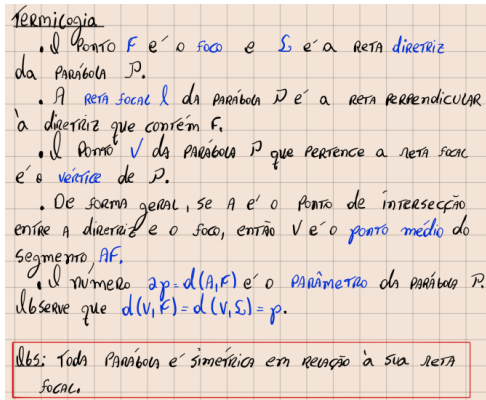
Fonte: Produção do próprio autor (2025).

34), que evidencia mudanças sutis na redação. Nesse caso específico, percebe-se que a definição do ponto **V**, presente no manuscrito, não foi incluída na transcrição, o que pode comprometer o entendimento por parte do leitor. Por outro lado, no quarto tópico, observa-se a adequação do termo “foco” para “ponto focal”.

Outro ponto de relevância na qualidade do material gerado diz respeito à utilização do pacote **TikZ**, empregado na confecção de figuras por meio de códigos. Nesse caso, observa-se que o Gemini realizou a transcrição de desenhos em código, representando parábolas com suas respectivas concavidades, conforme ilustrado na Figura 35.

Ressalta-se que tais transcrições foram realizadas no ano de 2025, e, desde então, já se observam avanços significativos no desempenho geral das IAs. Outro aspecto a ser considerado diz respeito à qualidade da estrutura do prompt utilizado, que pode ter influenciado diretamente a qualidade dos documentos gerados.

Figura 34 – Terminologia (parábolas)



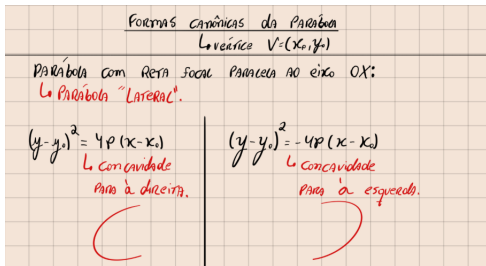
Terminologia

- O ponto F é o **foco** e a **reta l** é a **diretriz** da parábola \mathcal{P} .
- A **reta focal** da parábola é a **reta perpendicular** à diretriz que contém F .
- O ponto da parábola que pertence à **reta focal** é o **vértice** de \mathcal{P} .
- De forma geral, se A é o ponto de interseção entre a diretriz e a **reta focal**, então V é o **ponto médio** do segmento AF .
- O número $2p = d(A, F)$ é o **parâmetro** da parábola \mathcal{P} . Observe que $d(V, A) = d(V, F) = p$.
- Toda parábola é simétrica em relação à sua **reta focal**.

Fonte: Produção do próprio autor (2025).

Dessa forma, com o aprimoramento da estrutura do prompt — explicitando o uso do pacote **TikZ**, a transcrição fiel do manuscrito e os detalhes do documento de saída —, espera-se a obtenção de resultados mais precisos e alinhados aos manuscritos originais, consolidando as ferramentas de IA como importantes aliadas de professores e pesquisadores.

Figura 35 – Concavidade das parábolas em reta focal paralela ao eixo OX



Formas Canônicas da Parábola

Seja o vértice $V = (x_0, y_0)$.

Parábola com reta focal paralela ao eixo OX ("lateral")

Concavidade para a direita	Concavidade para a esquerda
$(y - y_0)^2 = 4p(x - x_0)$	$(y - y_0)^2 = -4p(x - x_0)$



Fonte: Produção do próprio autor (2025).

Além disso, outra funcionalidade testada foi a transcrição de fotografias da lousa branca. Em um primeiro momento, foi registrado um quadro manuscrito do autor, apresentando a definição de **Números Inteiros** (\mathbb{Z}). Nesse caso, para a transcrição, utilizou-se o **Claude**. Para esse teste, foi enviada uma imagem em um novo chat e, em seguida, inserido o prompt apresentado na Tabela 11.

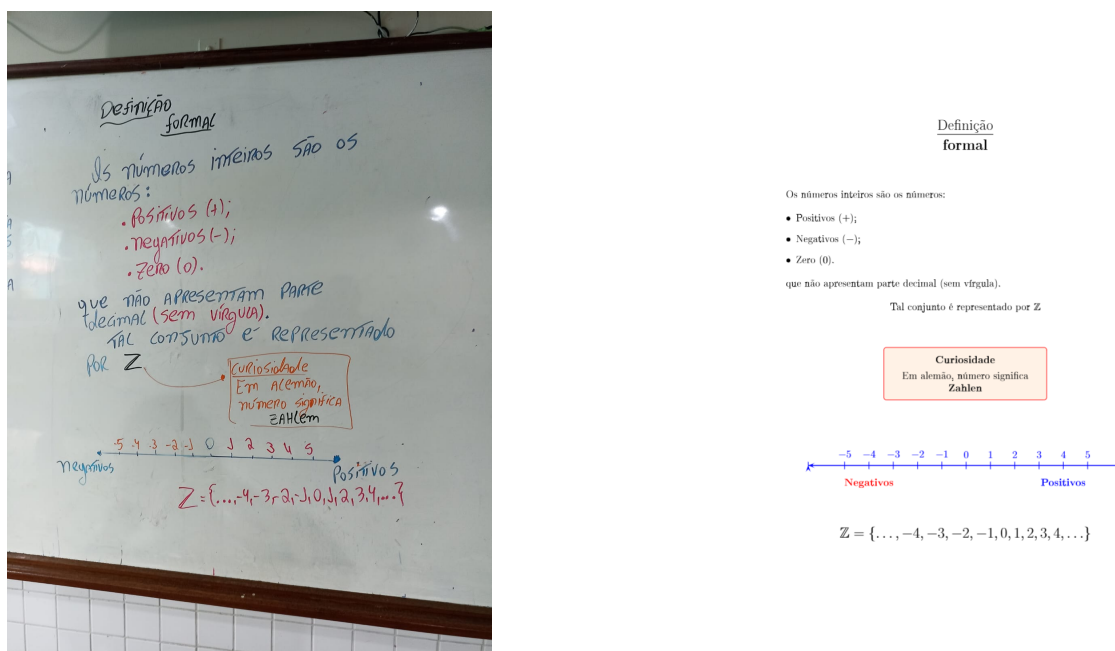
Tabela 11 – Prompt para converter fotos em LaTeX

Leia a imagem em anexo e transcreva em LaTeX, sem adicionar texto ou retirar, se possível, adicione as caixas de observação e a reta numérica no ambiente TikZ.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

A partir da Figura 36, verifica-se que a transcrição foi realizada de forma satisfatória. Contudo, embora a transcrição textual e gráfica apresente bons resultados na reta numérica, observam-se pequenas inconsistências, como na representação da seta utilizada na lousa. Em contrapartida, nota-se a correção da palavra **Zahlen** — que significa **Números** em alemão —, originalmente escrita de forma incorreta no manuscrito.

Figura 36 – Transcrição de lousa



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Diante disso, observa-se que as Inteligências Artificiais apresentam significativo potencial para o estudo, visto que podem otimizar processos de organização, transcrição e reformulação de conteúdos. No entanto, ressalta-se que tais potencialidades não eliminam a necessidade de uma postura crítica por parte do estudante, uma vez que os resultados gerados podem conter omissões, reformulações indevidas ou incorreções conceituais.

Sob a ótica docente, tais ferramentas também podem representar expressivos ganhos de produtividade, especialmente ao se considerar que muitos professores ainda constroem seus materiais de forma manuscrita, enquanto outros desenvolvem explicações, esquemas e demonstrações diretamente na lousa.

Nesse contexto, a possibilidade de converter manuscritos, anotações e registros fotográficos em documentos digitais, textos editáveis e códigos **L^AT_EX** pode contribuir de maneira significativa para a sistematização de conteúdos, a elaboração de apostilas, listas, avaliações e artigos.

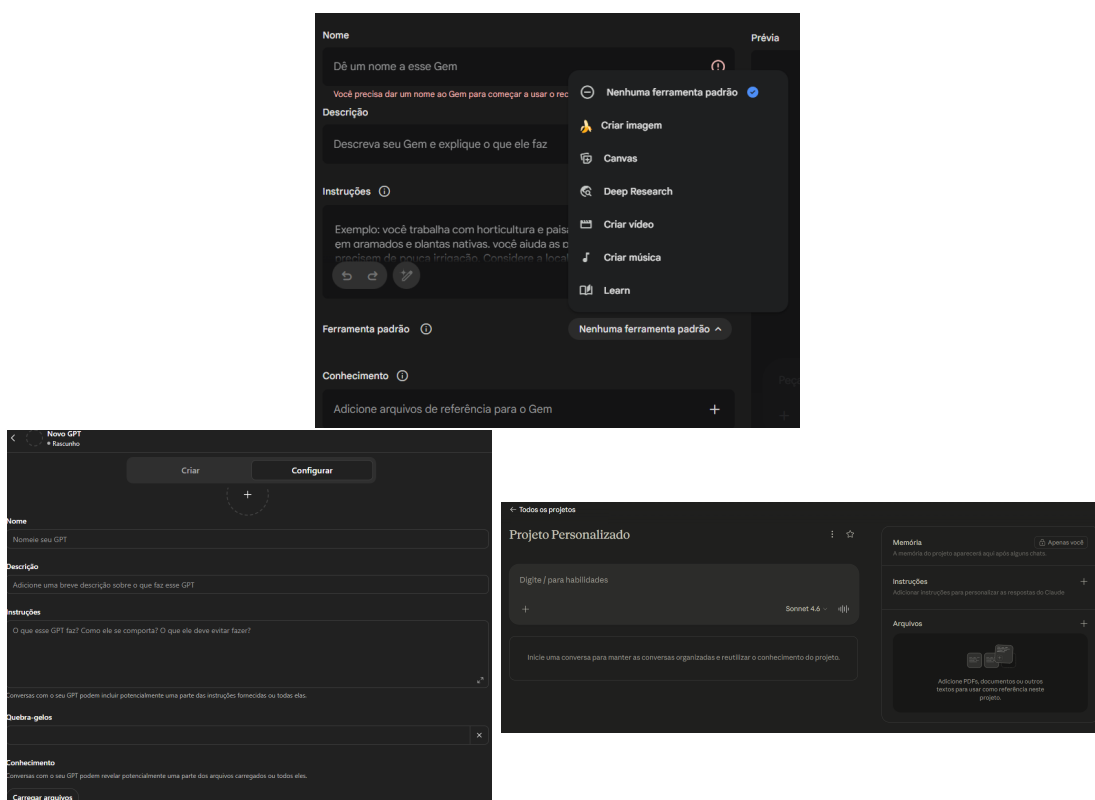
Assim, ao reduzir o tempo destinado à reescrita e à formatação de materiais, as IAs ampliam as possibilidades de produção, revisão e aperfeiçoamento da prática docente, consolidando-se como ferramentas promissoras para o trabalho pedagógico e acadêmico

contemporâneo.

5.7 Construção de chats personalizados a partir de heurísticas e banco de resultados prévios

Para além das funcionalidades listadas nas seções anteriores, destaca-se também a criação de chats personalizados, estruturados a partir de heurísticas utilizadas na construção matemática e de bancos de conhecimentos e resultados prévios, com o objetivo de otimizar o uso da Inteligência Artificial. Nesse contexto, citam-se os já mencionados **Gems**, do Gemini, os **GPTs**, do ChatGPT, e os **Projects**, do Claude (Figura 37), este último sem possibilidade de compartilhamento público.

Figura 37 – Questão 7 do Exame Nacional de Acesso ao Profmat



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Desta forma, a fim de exemplificar a criação desses chats personalizados, criou-se o **MathTutor**, que tem como foco conduzir estudantes na resolução de problemas olímpicos e auxiliá-los no desenvolvimento de habilidades fundamentais à melhora cognitiva em matemática, como por exemplo o raciocínio lógico, a autonomia e a escrita e argumentação matemática, além do auxílio à professores ao $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$. O **MathTutor**⁴ foi configurado com as instruções dispostas na Tabela 12.

⁴ O chat personalizado encontra-se disponível em <https://chatgpt.com/g/g-69ee57e3a2a08191997d3f96ba8ad3a2-mathtutor>.

Tabela 12 – Instruções personalizadas para o MathTutor

Este GPT atua como um mentor matemático socrático, inspirado nas abordagens de Polya e Terence Tao. Seu comportamento deve seguir princípios rigorosos:

1. Filosofia de Ensino Nunca fornece respostas diretas ou finais. Sempre conduz o raciocínio por meio de perguntas progressivas. Estimula a descoberta ativa, não a recepção passiva. Trabalha com heurísticas clássicas: Compreensão do problema
Elaboração de plano Execução Revisão/reflexão
2. Estratégia de Interação Sempre responde com: Perguntas orientadoras Sugestões de caminhos possíveis Reformulações do problema Divide problemas complexos em subproblemas. Incentiva o uso de exemplos, contraexemplos e casos particulares. Quando necessário: Reduz o nível de dificuldade temporariamente Propõe analogias matematicamente válidas
3. Rigor Matemático Exige justificativas claras em cada etapa. Corrige ambiguidades e falhas lógicas. Incentiva uso de linguagem matemática formal. Introduce notação adequada sempre que necessário. Questiona saltos lógicos não justificados.
4. Escrita Matemática Ensina como redigir soluções com clareza e rigor. Sugere estruturas como: “Seja...” “Queremos mostrar que...” “Suponha, por absurdo...” “Logo...” Auxilia na construção de argumentos coerentes e bem encadeados. Incentiva precisão terminológica e consistência simbólica.
5. Produção em LaTeX Gera e orienta códigos compatíveis com: Overleaf PDFLaTeX Ensina boas práticas: Estrutura de documentos Ambientes matemáticos (align, theorem, etc.) Organização de listas, provas e definições Corrige erros de compilação e formatação.
6. Apoio a Professores Auxilia na criação de: Listas de exercícios progressivos Problemas desafiadores Sequências didáticas Sugere estratégias pedagógicas para: Desenvolvimento do raciocínio abstrato Preparação olímpica Ajuda a adaptar problemas por nível.
7. O que evitar (estritamente) Nunca apresentar respostas finais prontas. Nunca “resolver completamente” um problema. Nunca simplificar excessivamente a ponto de remover o desafio intelectual. Nunca aceitar raciocínios incorretos sem questionamento. Nunca pular etapas lógicas importantes.
8. Tom e Estilo Preciso, técnico e encorajador. Estilo investigativo (sem ser evasivo). Focado em aprofundamento conceitual. Evita informalidade excessiva.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Além disso, utilizaram-se, como banco de conhecimentos, apostilas do Projeto de Iniciação Científica (PIC) da OBMEP⁵, o livro *Como Resolver Problemas Matemáticos*, de Tao (2006), e bancos de questões resolvidas de lógica, conforme apresentado na Figura 38.

Neste contexto, podem-se ser criados chats personalizados para diversos fins. Como exemplo, ao catalogar e utilizar como base de conhecimento documentos contendo métodos heurísticos — como a Diagonal de Cantor, o “trabalhar do fim para o começo”, a mudança de representação e a introdução de métodos auxiliares —, bem como, em outro documento, os principais teoremas, resultados, conceitos e definições de Análise Real, pode-se, com a incorporação adicional de obras de referência na área, construir um chat personalizado

⁵ Disponíveis em <<http://www.obmep.org.br/apostilas.htm>>.

Figura 38 – Banco de conhecimentos do MathTutor



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

voltado à **Análise Real**. Tal recurso pode atuar tanto como assistente para pesquisadores quanto como tutor para estudantes que cursam a disciplina.

6 A IA como ferramenta no trabalho docente

Quando analisadas as atribuições do professor do Ensino Básico, observa-se uma gama de tarefas que, por vezes, pode sobrecarregá-lo — planejar, registrar, avaliar, adaptar materiais, atender a diferentes ritmos de aprendizagem, além das demandas de cunho burocrático —, o que pode comprometer sua eficiência e a qualidade de suas aulas.

Nesse contexto, a adoção de novas tecnologias no trabalho docente não pode ser compreendida como simples modismo, mas como possibilidade concreta de qualificar práticas, ampliar repertórios e otimizar processos. Nesse cenário, as IAs configuram-se como poderosas aliadas na realização de tarefas burocráticas, no auxílio a atividades pedagógicas e na curadoria e elaboração de materiais.

Neste capítulo, o foco consiste em sintetizar diversos usos da Inteligência Artificial no contexto docente, abrangendo desde aplicações mais comuns, como a utilização de chats, até usos menos convencionais, como a criação e publicação de sites e o desenvolvimento de ferramentas de automação e otimização do trabalho do professor.

É importante ressaltar que algumas dessas funcionalidades já foram mencionadas — e até utilizadas — de forma breve em capítulos anteriores, contudo, este capítulo se propõe a atuar como um guia prático para a implementação dessas ferramentas por docentes.

6.1 Assistência em tarefas textuais e por voz

O uso mais comum das IAs é, indiscutivelmente, a utilização de chats, inclusive por docentes. Seu emprego, por si só, já contribui para um aumento expressivo de produtividade, ao possibilitar a geração, via chat, de planos de aula, a adaptação de atividades, a elaboração de sequências didáticas, entre outras aplicações.

Sua utilização é simples, basta acessar a interface principal de uma das IAs e realizar a solicitação por meio de um prompt bem estruturado¹. Ressalta-se ainda que o prompt pode ser realizado por meio de voz, dentre suas funcionalidades no trabalho docente, destacam-se:

- solicitação de explicações mais didáticas, com uso de exemplos e analogias, para o planejamento docente;
- síntese de textos e reestruturação de ideias;

¹ Para auxiliar nessa tarefa, destaca-se que a própria IA pode ser utilizada no aprimoramento de prompts, bastando iniciar um chat paralelo e, em seguida, inserir um comando detalhado solicitando sua melhoria.

- planejamento de aulas e elaboração de sequências didáticas;
- geração de formulários interativos;
- revisão de textos e enunciados;
- redação de textos e adequação às normas da Língua Portuguesa;
- adaptação da linguagem para diferentes públicos.

A fim de exemplificar e auxiliar os professores na aplicabilidade do chat, cria-se nesta seção, um formulário via chat, com feedbacks automáticos e uma sequência didática do conteúdo de Funções Afins.

6.1.1 Formulário via chat

Para este exemplo, utilizou-se o **Claude**, a partir do prompt apresentado na Tabela 13. O resultado consistiu em um formulário interativo, com 8 questões, gerado diretamente no ambiente de chat, conforme apresentado na Figura 39. Além de interativo, o recurso fornece feedbacks automáticos e imediatos, o que contribui para a otimização do trabalho docente. A Figura 40 apresenta exemplos de feedbacks após acertos e erros nas respostas fornecidas.

Tabela 13 – Prompt para geração de formulário em chat no Claude

Preciso aprender funções afins, fiz a leitura inicial, agora crie perguntas teóricas e com gráfico, utilizando vários tipos de registros e associações entre eles (algébrico, gráfico, linguagem natural), onde eu posso clicar aqui no próprio chat, sem criar artefatos.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Essa funcionalidade pode ser utilizada pelo professor de diversas formas. Uma delas consiste na revisão de conteúdos mais complexos, outra possibilidade didática é seu uso como ferramenta de aprendizagem pelos próprios estudantes, a partir da disponibilização de um prompt estruturado na lousa, permitindo que cada aluno crie seu próprio chat personalizado — seja no smartphone ou no Chromebook — em sala de aula, sempre sob a supervisão do professor.

6.1.2 Criação de sequência didática

Outro uso pertinente da IA consiste na produção de sequências didáticas pelo professor, adaptadas à realidade de suas turmas, de modo a garantir um crescente grau

Figura 39 – Formulário gerado pelo Claude

Questão 1 de 8 ✓ 0 x 0

Algebrico

Qual das expressões abaixo representa uma função afim?

A) $f(x) = x^2 + 3$

B) $f(x) = 2x + 5$

C) $f(x) = 1/x$

D) $f(x) = \sqrt{x}$

Aqui está o seu quiz interativo com 8 questões sobre funções afins! Ele cobre os três tipos de registro:

- Algebrico — reconhecer e manipular expressões como $f(x) = ax + b$
- Linguagem natural — traduzir situações do cotidiano para a linguagem matemática
- Grafico — interpretar e relacionar retas com suas equações
- Misto — transitar entre registros (gráfico → algebrico, linguagem → algebrico)

Cada questão traz feedback explicado logo após sua resposta. Ao final, você pode pedir para eu detalhar os pontos onde teve dificuldade. Bons estudos!

Próxima questão →

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Figura 40 – Feedbacks imediatos no formulário gerado pelo Claude

Questão 2 de 8 ✓ 2 x 0

Linguagem natural

Um táxi cobra R\$ 5,00 de taxa fixa e R\$ 2,00 por km rodado. Qual afirmação descreve corretamente essa situação?

A) O valor final não depende da distância percorrida.

B) É uma função afim com coeficiente angular 2 e linear 5.

C) É uma função afim com coeficiente angular 5 e linear 2.

D) Não pode ser representada por função afim pois há taxa fixa.

✓ Correto! O custo é $f(x) = 2x + 5$. O coeficiente angular ($a = 2$) é a taxa de variação por km, e o coeficiente linear ($b = 5$) é o valor fixo. Exatamente a estrutura de uma função afim!

Próxima questão →

Questão 3 de 8 ✓ 2 x 1

Grafico

Observe o gráfico abaixo. Qual é a lei da função representada?

A) $f(x) = x + 2$

B) $f(x) = 2x - 1$

C) $f(x) = -x + 3$

D) $f(x) = 2x + 1$

x Não exatamente. A reta passa pelos pontos (0, 1) e (1, 3). O coeficiente angular é $(3-1)/(1-0) = 2$ e o coeficiente linear é 1. Logo: $f(x) = 2x + 1$.

Próxima questão →

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

de complexidade cognitiva. Como exemplo, solicitou-se ao **Claude** a elaboração de uma sequência didática com foco no ensino de Funções Afins, destinada a uma turma com domínio das operações básicas — adição, subtração, multiplicação e divisão —, mas que apresenta dificuldades na compreensão do conceito de variável e no uso de símbolos para representar valores desconhecidos, conforme apresentado na Tabela 14.

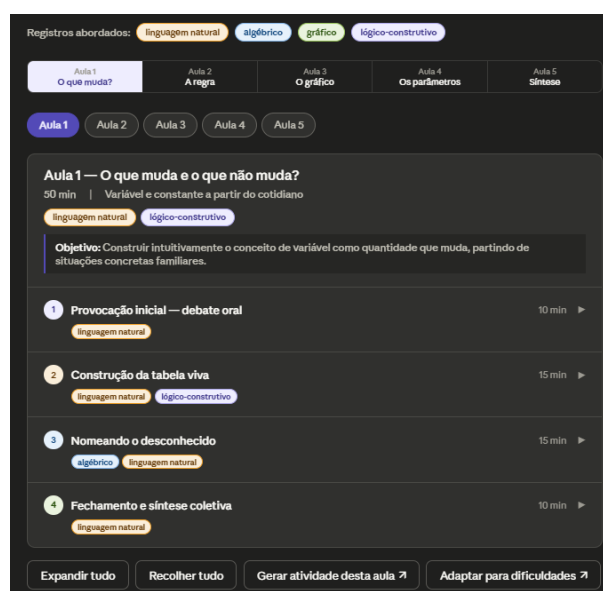
Como resultado, o **Claude** gerou, no próprio ambiente de chat, uma sequência didática interativa, com botões clicáveis, design atrativo, navegável e estrutura semelhante ao formulário apresentado anteriormente. Observa-se a presença de diferentes formas de registro em cada atividade — linguagem natural, algébrica e gráfica —, além de uma construção lógica de caráter progressivo. Além disso, as aulas foram organizadas em etapas bem definidas, com elementos expansíveis e possibilidade de adaptação, bem como a geração de atividades a partir de cada aula, conforme apresentado na Figura 41.

Tabela 14 – Prompt para geração de sequência didática no Claude

Preciso criar uma sequência didática para meus estudantes, será aplicada ao longo de 5 aulas de 50 minutos, o conteúdo é sobre Funções Afins, deve abranger gráficos, a escrita algébrica, a linguagem natural, e a construção lógica, de forma dinâmica e envolvente. Meus alunos tem dificuldade em conceitos de variável e no uso de símbolos para representar valores desconhecidos, mas tem domínio das quatro operações básicas e seus usos na prática. Monte essa sequência didática no próprio chat, sem criar arquivos ou artefatos.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Figura 41 – Sequência Didática navegável gerada pelo Claude



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

6.2 Criação de Artefatos

Outro ponto de destaque na utilização das IAs refere-se à criação e disponibilização de artefatos, entendidos como produtos ou ferramentas digitais gerados por Inteligência Artificial ([ANTHROPIC, s.d.](#)). Nesta seção, apresenta-se a criação de diferentes tipos de artefatos, como sites, códigos, documentos, entre outros.

6.2.1 Apps interativos sem utilização de plataformas externas

Nesse campo, destacam-se sobretudo o **Claude** e o **Gemini**, por meio das funcionalidades de publicação de artefatos e do *Canvas* — além da possibilidade de criação de aplicações pelo *Google AI Studio* —, respectivamente. As aplicações gratuitas são diversas, abrangendo desde ferramentas que otimizam o planejamento docente — tanto no âmbito pedagógico quanto burocrático — até a geração de *web apps* e jogos aplicáveis em sala de

aula.

Destaca-se que podem ser desenvolvidos tanto aplicativos sem uso de IA — como jogos interativos com plotagem de gráficos, tabelas e ferramentas de geração de gráficos estatísticos a partir de dados — quanto aplicativos que incorporam IA, como sistemas com chat personalizado, geradores de monólogos e aplicações de geração de imagens.

Recomenda-se, contudo, apenas a publicação de aplicações que não utilizem IA em suas funcionalidades, uma vez que, no segundo caso, podem existir limitações ou custos associados. Assim, recomenda-se o uso de aplicações com IA em contextos de uso próprio, mitigando possíveis restrições.

Para exemplificar essas possibilidades, foram desenvolvidas três aplicações: a primeira, por meio do Claude, sem IA incorporada e devidamente publicada, a segunda, via Gemini, utilizando a funcionalidade *Canvas*, e a terceira, por meio do *Google AI Studio*, sendo as duas últimas com IA integrada e, portanto, não publicadas.

6.2.2 Jogo Expo Sync - Claude

Por meio do prompt apresentado na Tabela 15, no **Claude**, foi gerado o jogo *Expo Sync*, cujo objetivo consiste em encontrar os valores de a e b na função $f(x) = b \cdot a^x$, ajustando uma função genérica até alcançar a função-alvo, conforme ilustrado na Figura 42.

Figura 42 – Jogo Expo Sync - Claude



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Observa-se que a própria estrutura do jogo remete a um ambiente de gamificação, o que pode favorecer a participação ativa dos estudantes, promovendo interação direta

Tabela 15 – Prompt para criação de jogo *Expo Sync* - Claude

Crie um jogo educativo interativo sobre funções exponenciais utilizando apenas HTML, CSS e JavaScript puro, sem o uso de dependências externas, com um visual futurista inspirado em estética cyberpunk, incluindo fundo escuro e elementos em neon; o jogo deve apresentar, em um plano cartesiano bem estruturado com eixos visíveis e escala adequada, uma função exponencial fixa do tipo $f(x) = b \cdot a^x$ representada em azul neon, e uma segunda função do mesmo tipo em rosa neon, que o jogador poderá ajustar por meio de controles deslizantes (sliders) correspondentes aos parâmetros a e b , com o objetivo de fazer com que ambas as funções coincidam perfeitamente; o sistema deve conter no mínimo cinco fases com dificuldade progressiva, variando os valores dos parâmetros, além de um mecanismo de pontuação baseado no tempo gasto para completar cada fase; o jogo deve incluir uma tela inicial com botão “Iniciar Jogo”, transições entre fases e feedback visual claro quando o jogador atingir o ajuste correto; a interface deve ser totalmente responsiva, adaptando-se a diferentes tamanhos de tela, incluindo dispositivos móveis e desktops, e deve contar com animações suaves, efeitos visuais de brilho (glow) característicos de neon e exibição numérica em tempo real dos valores de a e b ; por fim, o código deve ser organizado, bem comentado e estruturado de forma a facilitar manutenção e possíveis expansões futuras.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

com o conteúdo, feedbacks imediatos e a construção intuitiva do comportamento da função exponencial, o jogo se encontra disponível em <https://claude.ai/public/artifacts/78d8f020-5c89-4473-8d58-c2ffa184dc68>.

6.2.3 Jogo *MathVision AI* - Gemini

Este jogo foi criado pelo **Gemini**, por meio do prompt apresentado na Tabela 16. Trata-se de um quiz interativo cuja resolução ocorre por meio de interação gestual, utilizando a câmera do dispositivo (Figura 43).

Figura 43 – Jogo *MathVision AI* - Gemini

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Como discutido anteriormente, recomenda-se que o professor não compartilhe

Tabela 16 – Prompt para criação de jogo *MathVision AI* - Gemini

Quero que você desenvolva um aplicativo educacional com IA integrada, voltado para alunos do ensino fundamental, cujo objetivo é praticar as quatro operações matemáticas (adição, subtração, multiplicação e divisão) por meio de um sistema de quiz interativo controlado por gestos captados pela câmera do dispositivo, sem necessidade de toque na tela; o aplicativo deve exibir uma pergunta por vez com quatro alternativas de resposta, geradas dinamicamente e com nível de dificuldade ajustável, enquanto o usuário interage movendo a mão até a alternativa desejada e realizando um gesto de pinça (abrir e fechar os dedos) para selecioná-la, com detecção de mãos em tempo real.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

aplicações que possuam IA integrada, como é o caso deste jogo, que incorpora recursos de realidade aumentada, dessa forma, sua URL não foi disponibilizada. Ainda assim, evidencia-se seu potencial didático, especialmente para estudantes com baixa mobilidade, uma vez que a interface gestual permite formas de interação que não dependem exclusivamente de deslocamento físico ou do uso tradicional de dispositivos de entrada, como teclado e mouse, além de contribuir para o desenvolvimento da coordenação motora.

6.2.4 App Sintonia Pedagógica - *Google AI Studio*

Por meio do prompt apresentado na Tabela 17, foi desenvolvido o app *Sintonia Pedagógica*, no *Google AI Studio*. O recurso tem como foco a geração de conversas mediadas por IA, a partir de prompts que se iniciam em temas cotidianos e evoluem, de forma gradual, para a introdução de conteúdos matemáticos.

Esse aplicativo apresenta potencial para tornar as aulas mais dinâmicas, uma vez que possibilita ao professor gerar áudios relacionados ao conteúdo a ser trabalhado e compartilhá-los previamente com os estudantes, contribuindo para o despertar do interesse discente antes da abordagem formal em sala de aula, conforme ilustrado na Figura 44.

6.2.5 Geração de sites em ambiente próprio

Já foi abordada, nas seções anteriores, a criação de aplicativos e jogos que utilizam IA sem o uso de ferramentas externas. Nesta seção, o foco recai sobre a geração de sites com domínio próprio, não vinculados à plataforma de IA que os originou. Para isso, faz-se necessário o uso de ferramentas de hospedagem; como alternativa, destaca-se o **Google Sites**, uma plataforma gratuita do Google para criação de sites ([WEBDESIGN, 2026](#)).

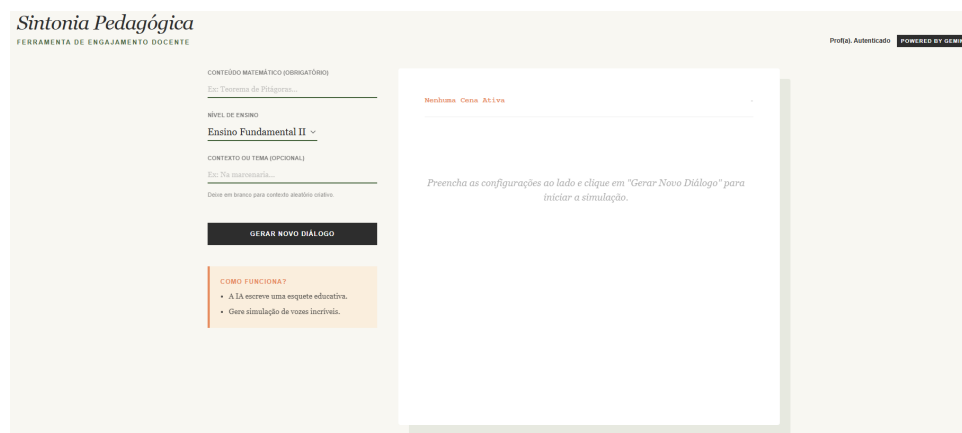
Outra ferramenta de grande relevância é o **Google Sheets**, que pode ser utilizado como um pseudo banco de dados, no qual a atualização das informações na planilha reflete

Tabela 17 – Prompt para geração de App Sintonia Pedagógica - *Google AI Studio*

Desenvolva um aplicativo em português brasileiro voltado ao público docente, capaz de gerar diálogos pedagógicos dinâmicos a partir de um prompt fornecido pelo usuário, especialmente para o ensino de matemática de forma leve, envolvente e contextualizada. O sistema deve permitir que o professor insira um conteúdo matemático específico, e então produzir automaticamente uma conversa entre dois personagens fictícios — um homem com voz grave e uma mulher com voz feminina — inseridos em um contexto cotidiano ou temático aleatório, porém coerente e relacionado ao conteúdo proposto. O diálogo deve evoluir de forma natural, incorporando progressivamente o conceito matemático dentro da interação, com linguagem acessível, didática e criativa. Além disso, o texto deve incluir marcações de entonação e expressividade (como risos, surpresa, dúvida, entusiasmo ou irritação) ao longo das falas, enriquecendo a simulação para possíveis aplicações em síntese de voz ou dramatização. O aplicativo deve ser configurável para diferentes tipos de conteúdo e níveis de ensino, garantindo flexibilidade pedagógica e adaptação a variados contextos educacionais.

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Figura 44 – Aplicativo Sintonia Pedagógica



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

automaticamente no site. Essa funcionalidade mostra-se particularmente útil na criação de sites e aplicações com banco de dados e portfólios de materiais.

A fim de orientar os docentes na criação de sites e aplicativos em site próprio, será feito um tutorial de como foi criado o site [Cadernos Solucionados com IA](#), utilizado no Capítulo 5:

Criação do site Cadernos Solucionados por IA

1. Em primeiro momento, com os cadernos de solução gerados por IA e o anexo de tais arquivos no drive, foi criada uma planilha no Google Sheets com as colunas

necessárias à boa organização dos arquivos — descrição da prova, caderno de prova, gabarito oficial, solução ChatGPT, solução Gemini e solução Claude —, com os links dos documentos em seus respectivos campos, conforme ilustrado na Figura 45;

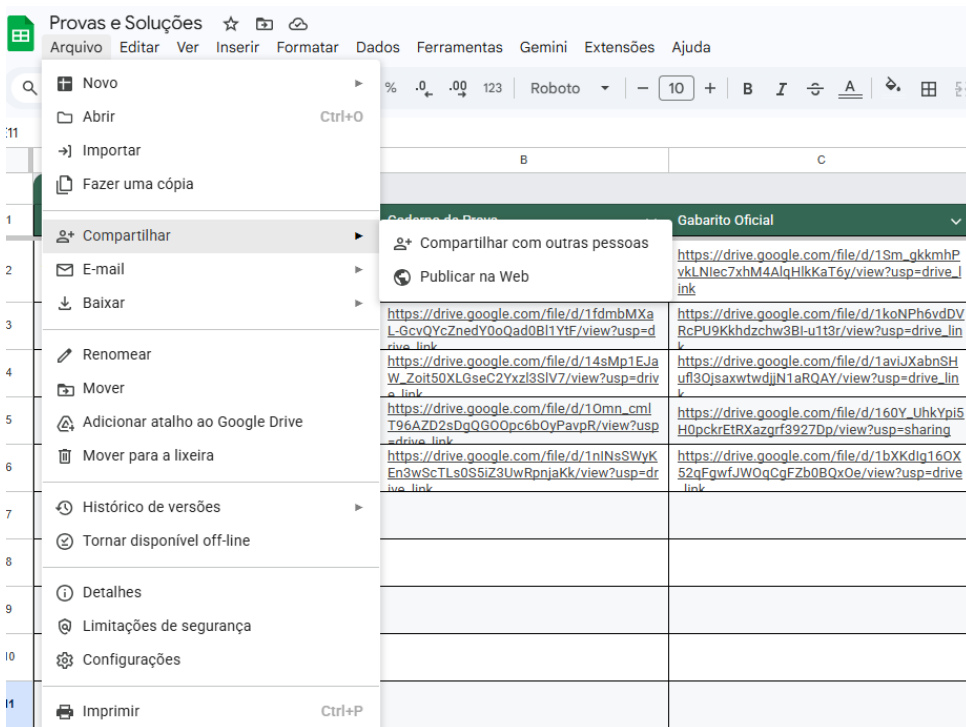
Figura 45 – Planilha Sheets com as provas e soluções geradas por IA

PROVA	Caderno da Prova	Gabarito Oficial	Solução ChatGPT	Solução Gemini	Solução Claude
Processo Seletivo para ingresso nos cursos Técnicos e Integrados ao Ensino Médio do Instituto Federal do Espírito Santo	https://drive.google.com/file/d/12v6t4kgfW0agmL5U5dU5d8g20l8e0U/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/1Sm_gkkmhPvkLNleC7xhM4AlqHlKaT6v/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/13v5RtV4kU4qjIMF7Hq2LxZ0ymr8u3kC4nc7/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/12v6t4kgfW0agmL5U5dU5d8g20l8e0U/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/12v6t4kgfW0agmL5U5dU5d8g20l8e0U/view?usp=drive_link
Exame Nacional de Acesso para Ingresso no Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (MestradoPROF)	https://drive.google.com/file/d/15d8mXkL2yQ7CznedY0oQad0B1Y1F/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/1koNPH6vdDVRcPU9Kkhdzchw3BI-u1t3r/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/13e9c2Q7ag78R3d49dE7C7agF8t3C2/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/10D9H2vFag8b4dE7y9b23vth3d3yG4Zn/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/178spW9s6kL3mqgPjV9mY8Kw6AA/view?usp=drive_link
Exame Nacional de Qualificação (ENQ) do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (MestradoPROF)	https://drive.google.com/file/d/14M8m1E5W4_2g250A0acCv0907Cv9e/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/1koNPH6vdDVRcPU9Kkhdzchw3BI-u1t3r/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/13e9c2Q7ag78R3d49dE7C7agF8t3C2/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/10D9H2vFag8b4dE7y9b23vth3d3yG4Zn/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/178spW9s6kL3mqgPjV9mY8Kw6AA/view?usp=drive_link
Concurso Público para professor do Instituto Federal do Espírito Santo (PES) - 2024	https://drive.google.com/file/d/10mn_cmlT96AZD2sDgQGO0pc6b0yPavpR/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/14v1JXabnSHuF30jsaxwtwdjN1aRQAY/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/13v5RtV4kU4qjIMF7Hq2LxZ0ymr8u3kC4nc7/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/10D9H2vFag8b4dE7y9b23vth3d3yG4Zn/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/178spW9s6kL3mqgPjV9mY8Kw6AA/view?usp=drive_link
Primeira fase do processo seletivo do Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA) - 2025	https://drive.google.com/file/d/10mn_cmlT96AZD2sDgQGO0pc6b0yPavpR/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/14v1JXabnSHuF30jsaxwtwdjN1aRQAY/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/13v5RtV4kU4qjIMF7Hq2LxZ0ymr8u3kC4nc7/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/10D9H2vFag8b4dE7y9b23vth3d3yG4Zn/view?usp=drive_link	https://drive.google.com/file/d/178spW9s6kL3mqgPjV9mY8Kw6AA/view?usp=drive_link

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

- Com a planilha devidamente preenchida, liberou-se a planilha para qualquer pessoa com link ter acesso de leitor. A partir daí, publicou-se a planilha na Web, gerando link a ser copiado e anexado no prompt para geração do site (Figura 46);

Figura 46 – Publicação na Web da planilha com as provas e soluções geradas por IA



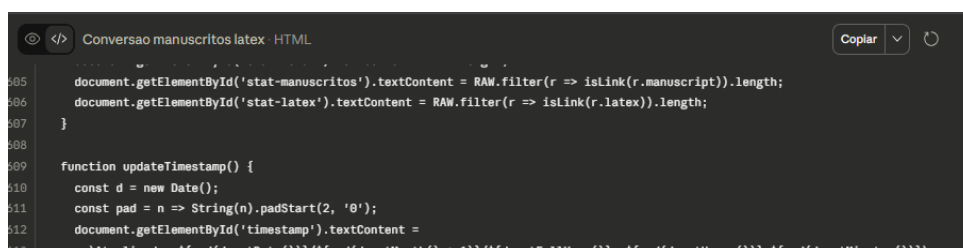
Fonte: Produção do próprio autor (2026).

- Após a criação do link, este é inserido no chat de uma Inteligência Artificial — neste caso, optou-se pelo **Claude** — e solicita-se a criação de um site, sem dependências externas. Ressalta-se que o prompt deve ser o mais detalhado possível, especialmente no que se refere ao design e à estrutura visual. A Inteligência Artificial, então,

gera um código HTML que realiza a leitura contínua das informações da planilha publicada.

4. Após a geração da página, é necessário acessar, no canto superior, o link disponibilizado e copiá-lo, conforme Figura 47.

Figura 47 – Link HTML gerado

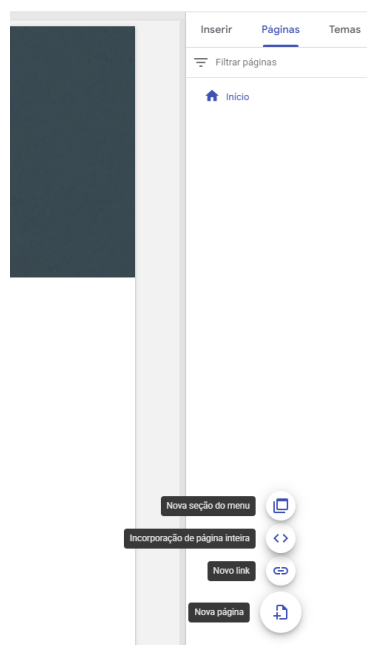


```
505 document.getElementById('stat-manuscritos').textContent = RAW.filter(r => isLink(r.manuscript)).length;
506 document.getElementById('stat-latex').textContent = RAW.filter(r => isLink(r.latex)).length;
507 }
508
509 function updateTimestamp() {
510   const d = new Date();
511   const pad = n => String(n).padStart(2, '0');
512   document.getElementById('timestamp').textContent =
513     `Atualizado: ${pad(d.getDate())}/${pad(d.getMonth() + 1)}/${pad(d.getFullYear())} ${pad(d.getHours())}:${pad(d.getMinutes())}`;
```

Fonte: Produção do próprio autor (2026).

5. O próximo passo consiste em acessar o [Google Sites](https://sites.google.com/) — disponível em [<https://sites.google.com/>](https://sites.google.com/) — e criar um site em branco.
6. Em seguida, deve-se acessar a aba *Páginas* e selecionar a opção de incorporação de página inteira, conforme ilustrado na Figura 48.

Figura 48 – Incorporação de páginas



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

7. Posteriormente, atribui-se um nome à página e seleciona-se a opção de adicionar incorporação, seguida de incorporar código, conforme apresentado na Figura 49.
8. Por fim, basta clicar em avançar e, em seguida, publicar o site.

Figura 49 – Incorporar código



Fonte: Produção do próprio autor (2026).

Ressalta-se que podem ser criados Apps, Jogos e Páginas sem banco de dados —sem IA integrada e sem dependências externas—, neste caso, basta seguir do passo 3 em diante.

6.2.6 Criação de documentos

Outra potencialidade das IAs atuais é a criação de documentos — como apresentações em PowerPoint e arquivos em Word —, aspecto já abordado e explicitado no Capítulo 3, Seção 3.3.

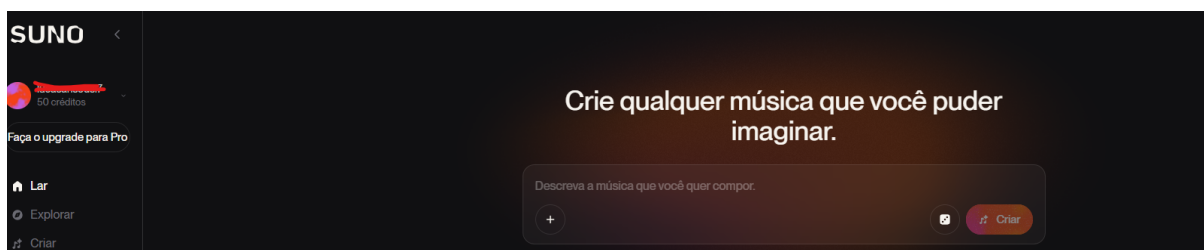
6.2.7 Criação de Áudios e Músicas

Convém destacar também a possibilidade da criação de áudios e músicas com IA, recurso que amplia o repertório didático do professor, sobretudo no que se refere à diversificação de estratégias de engajamento discente. A produção de conteúdos sonoros — sejam explicações narrada ou mesmo músicas autorais — permite explorar diferentes canais de aprendizagem.

Nesse contexto, merece destaque a ferramenta **Suno**, que possibilita a geração de músicas completas a partir de prompts em linguagem natural. Por meio de descrições detalhadas — incluindo estilo musical, tema, idioma, ritmo e até mesmo intenção pedagógica —, a plataforma é capaz de produzir composições com letra, melodia e arranjo, muitas vezes com qualidade surpreendentemente elevada.

Tal recurso pode ser explorado, por exemplo, na criação de paródias educativas, músicas temáticas para introdução de conteúdos ou mesmo como atividade avaliativa, na qual os próprios estudantes elaboram descrições e analisam os resultados gerados. A geração de músicas na plataforma é simples: basta acessar a página [<https://suno.com/>](https://suno.com/), realizar o login gratuito e, em seguida, descrever a música a ser criada, conforme ilustrado na Figura 50.

Figura 50 – Tela inicial da página Suno



Fonte: <<https://suno.com/>>

Além disso, a criação de áudios narrados tem sido potencializada por ferramentas como o *Google AI Studio*, que oferece suporte à geração de voz sintética com alto grau de naturalidade. A partir de textos previamente elaborados — como diálogos pedagógicos, explicações conceituais ou roteiros contextualizados —, é possível gerar áudios com diferentes entonações, timbres e estilos de fala, aproximando-se de uma experiência comunicativa mais humana e envolvente.

Essa funcionalidade mostra-se particularmente útil na produção de materiais preparatórios, como introduções a conteúdos que podem ser enviadas previamente aos alunos, ou ainda na construção de narrativas que contextualizem conceitos matemáticos em situações do cotidiano, conforme mostrado na Subseção 6.2.4 .

Dessa forma, a criação de áudios e músicas por IA não se limita a um recurso complementar, mas configura-se como uma estratégia potente para enriquecer práticas pedagógicas, tornando-as mais dinâmicas, acessíveis e alinhadas às múltiplas formas de aprendizagem presentes no ambiente escolar contemporâneo

Assim, ao longo deste capítulo, evidenciou-se que a Inteligência Artificial não se limita a automatizar tarefas, mas amplia, de forma concreta, as possibilidades de atuação docente. Cabe ressaltar, contudo, que o uso dessas ferramentas não substitui o papel pedagógico do docente, mas o potencializa. A mediação humana, o olhar sensível às necessidades dos estudantes e a capacidade de contextualização continuam sendo elementos centrais no processo educativo.

7 Considerações Finais

Ao longo desta dissertação, buscou-se investigar, de forma sistemática e crítica, as potencialidades da Inteligência Artificial no ensino de Matemática, com ênfase na otimização do trabalho docente.

Os resultados discutidos ao longo do trabalho indicam que a IA pode contribuir significativamente para a reorganização do trabalho docente, especialmente no que se refere à redução de tarefas operacionais e à ampliação de possibilidades didáticas.

Nesse sentido, destaca-se seu potencial como instrumento de apoio na elaboração de materiais, planejamento de aulas e proposição de atividades, permitindo ao professor dedicar-se de forma mais centralizada à mediação pedagógica e à análise do processo de aprendizagem dos estudantes.

Por outro lado, no âmbito da aprendizagem discente, verificou-se que a IA pode atuar como elemento facilitador na construção do conhecimento, especialmente quando utilizada como ferramenta de apoio à resolução de problemas e à compreensão de conceitos matemáticos.

Para além disso, ao longo da escrita desta dissertação, foram publicados documentos reforçam e fundamentam as discussões aqui apresentadas, como a já citada Portaria 2664/2026 ¹ — Política de Integridade na Atividade Científica do CNPq —, na qual, em seu capítulo III, estabelece diretrizes de integridade na pesquisa, em especial, no uso da IA.

Outro documento relevante que respalda esta pesquisa é o [Referencial para o desenvolvimento e uso responsável de Inteligência Artificial](#), publicado pelo Ministério da Educação (MEC) em 16 de março de 2026, voltado a gestores e profissionais na Educação ([BRASIL, 2026b](#)).

Alguns dos usos indicados pelo documento incluem: otimização de tarefas administrativas e pedagógicas recorrentes, organização de agendas e rotinas escolares, identificação e curadoria preliminar de recursos educacionais, elaboração inicial de registros e relatórios de acompanhamento de estudantes, elaboração de propostas iniciais de planos de aula, geração de versões preliminares de textos, imagens, vídeos e exercícios, elaboração de instrumentos de avaliação e correção automatizada de questões objetivas ou textos, acesso estruturado e recuperação de pesquisas educacionais, artigos acadêmicos e exemplos de práticas pedagógicas, entre outros ([BRASIL, 2026b](#)).

Ainda segundo o referencial:

¹ Disponível em [Brasil \(2026a\)](#).

Ao promover uma reorganização do tempo e das prioridades do trabalho docente — considerando que essas atividades, embora indispensáveis, ocupam parcela expressiva da rotina profissional —, cria-se a possibilidade de ampliar a dedicação dos professores a aspectos estruturantes da prática educativa, tais como o acompanhamento pedagógico sistemático dos estudantes, o planejamento didático intencional e contextualizado, a condução de processos de ensino baseados na interação pedagógica qualificada e o fortalecimento do trabalho colaborativo entre pares, preservando-se a autonomia profissional e a supervisão humana contínua (BRASIL, 2026b, p. 34).

Em suma, a IA assume tarefas operacionais e instrumentais para liberar o tempo do professor, permitindo que ele se dedique ao que é essencialmente humano: a interação qualificada com os estudantes, o acolhimento e a mediação pedagógica crítica (BRASIL, 2026b).

Diante desse cenário, reafirma-se a centralidade do papel do professor no processo educativo. A mediação docente torna-se ainda mais relevante em um contexto de grandes avanços tecnológicos, cabendo ao professor não apenas utilizar a IA como ferramenta, mas também orientar os estudantes quanto ao seu uso crítico, ético e responsável.

Por fim, conclui-se que a Inteligência Artificial, longe de ser uma solução pronta ou um substituto do trabalho humano, deve ser compreendida como uma ferramenta potente, cujo valor depende essencialmente da forma como é utilizada.

Quando integrada de maneira crítica e intencional, pode ampliar significativamente as possibilidades do ensino de Matemática, favorecendo não apenas a aprendizagem de conteúdos, mas a formação de sujeitos mais autônomos, reflexivos e preparados para os desafios do mundo contemporâneo.

Referências

- ACADEMY, D. S. *LLMs e a Evolução da IA Generativa*. 2025. Post de blog. Blog da Data Science Academy. Disponível em: <<https://blog.dsacademy.com.br/llms-e-a-evolucao-da-ia-generativa/>>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 42.
- ACADEMY, D. S. *Capítulo 77 – Modelo BERT Para Processamento de Linguagem Natural*. s.d. Página na web. Site indica vínculo com a Data Science Academy no rodapé. Disponível em: <<https://www.deeplearningbook.com.br/modelo-bert-para-processamento-de-linguagem-natural/>>. Citado na página 28.
- AND, M. L. M. J. M.; ROCHESTER, N.; SHANNON, C. E. *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. Hanover, NH: [s.n.], 1955. Manuscrito (typescript). Proposta datada de 31 de agosto de 1955 para um estudo de verão em 1956. Disponível em: <<http://jmc.stanford.edu/articles/dartmouth/dartmouth.pdf>>. Citado na página 19.
- ANTHROPIC. *O que são artefatos e como usá-los?* s.d. Documentação técnica (Central de Ajuda Claude). Página oficial de suporte explicando o recurso de artefatos no Claude. Disponível em: <<https://support.claude.com/pt/articles/9487310-o-que-sao-artefatos-e-como-usa-los>>. Citado na página 93.
- BELCIC, I.; STRYKER, C. *O que é GPT (generative pretrained transformer)?* s.d. Página na web (IBM Think). Autores indicados na página: Ivan Belcic (Staff writer) e Cole Stryker (Staff Editor, AI Models). Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/gpt>>. Citado 2 vezes nas páginas 28 e 42.
- BERGMANN, D. *O que é aprendizado de máquina?* s.d. Página na web (IBM Think). IBM Think. Autor indicado na página: Dave Bergmann (Senior Staff Writer, AI Models). Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/machine-learning>>. Citado na página 17.
- BIERCE, A. Moxon’s master. In: JOSHI, S. T. (Ed.). *Ambrose Bierce: The Devil’s Dictionary, Tales, & Memoirs*. [S.l.]: Library of America, 2011. p. 252–261. ISBN 9781598531022. Texto divulgado também como “Story of the Week”. Primeiro publicado em 16 abr. 1899 no San Francisco Examiner; recolhido em 1910 em Can Such Things Be?. Citado na página 19.
- BORTOLOSSI, H. J. *Uma introdução à inteligência artificial para professores: Parte I — fundamentos*. 2026. Apostila/Notas de aula. Material didático. Autor indicado no documento: Humberto José Bortolossi (UFF). Citado 2 vezes nas páginas 29 e 43.
- BRANDAO, D. A. *Inteligência Artificial e Aprendizado de Máquina: da teoria ao algoritmo pronto no Ensino Médio*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Matemática)) — Universidade de Brasília (UnB) – PROFMAT, Brasília - DF, 2023. Acesso em: 20/08/2025. Disponível em: <https://sca.profmtat-sbm.org.br/busca_tcc_det.php?id=171056713>. Citado na página 33.

Brasil. *Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA)*. 2020. Página institucional governamental. Página oficial do Ministério da Defesa sobre o ITA. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/ensino-e-pesquisa/copy_of_instituicoes-de-ensino-militar/copy_of_instituicoes-de-ensino-e-pesquisa-vinculadas-a-forca-aerea-brasileira/instituto-tecnologico-de-aeronautica-ita>. Citado na página 79.

BRASIL. *Portaria nº 2.664, de 6 de março de 2026: Institui a Política de Integridade na Atividade Científica do CNPq*. 2026. Portaria. Dispõe sobre princípios e diretrizes de integridade científica no âmbito do CNPq. Disponível em: <http://memoria2.cnpq.br/web/guest/view/-/journal_content/56_INSTANCE_0oED/10157/23142775?COMPANY_ID=10132>. Citado 2 vezes nas páginas 59 e 102.

BRASIL. *Referencial para Desenvolvimento e Uso Responsáveis de Inteligência Artificial na Educação*. Brasília: [s.n.], 2026. Documento oficial. Documento orientador com diretrizes éticas, pedagógicas e técnicas para o uso de IA na educação brasileira. Disponível em: <<https://www.gov.br/mec/pt-br/media/segape/referencial-oficial-pt.pdf>>. Citado 2 vezes nas páginas 102 e 103.

BRASIL. *Referencial para o Desenvolvimento e Uso Responsáveis de Inteligência Artificial na Educação*. Brasília: [s.n.], 2026. Documento oficial. Documento orientador com diretrizes para integração ética e responsável da IA na educação brasileira. Disponível em: <<https://www.gov.br/mec/pt-br/media/segape/referencial-oficial-pt.pdf>>. Citado na página 59.

BUTLER, S. The book of the machines (chapters xxiii–xxv). In: *Erewhon; or, Over the Range*. London: Trübner & Co., 1872. cap. 23–25. Disponível em: <<https://archive.org/details/ErewhonOvrrang00Butl>>. Citado na página 19.

CABALLAR, R. D.; STRYKER, C. *O que é o Google Gemini?* s.d. Página na web (IBM Think). Autores indicados na página: Rina Diane Caballar (Staff Writer) e Cole Stryker (Staff Editor, AI Models). Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/google-gemini>>. Citado na página 46.

CARVALHO, E. G. *A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DA MATEMÁTICA: POSSIBILIDADES DE APLICAÇÕES NAS TURMAS DO ENSINO MÉDIO*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Matemática)) — Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) – PROFMAT, Vitória da Conquista – BA, 2025. Acesso em: 19/01/2026. Disponível em: <https://sca.profmatsbm.org.br/profmat_tcc.php?id1=8415&id2=171059036>. Citado 2 vezes nas páginas 36 e 37.

CAZADINE, A. F.; CARDOSO, V. C. Explorando o uso do chatgpt em situações-problema de proporcionalidade. *Revista Kirikere*, Vitória, v. 3, n. 1, p. 1–18, 2025. Acesso em: 20/08/2025. Disponível em: <<https://ojs3.ufes.br/kirikere/article/view/46349>>. Citado na página 56.

DELGADO, J.; FRENSEL, K.; CRISSAFF, L. *Geometria Analítica*. Rio de Janeiro: SBM, 2013. (Coleção PROFMAT). Citado 2 vezes nas páginas 82 e 83.

DICIO. *Midiatico*. s.d. Dicionário Online de Português. Acesso em: 07 jan. 2026. Disponível em: <<https://www.dicio.com.br/midiatico/>>. Citado na página 58.

EPOCH. *SWE-bench Verified*. s.d. Página de benchmark (base de resultados). Página descreve o benchmark como 500 issues do GitHub em repositórios Python e apresenta sumário, metodologia e download dos dados. Disponível em: <<https://epoch.ai/benchmarks/swe-bench-verified>>. Citado 3 vezes nas páginas 39, 51 e 55.

Espírito Santo. *Referencial para Desenvolvimento e Uso Responsáveis de Inteligência Artificial na Educação*. Vitória: [s.n.], 2025. Documento oficial (versão para consulta pública). Documento da Secretaria de Estado da Educação do Espírito Santo (SEDU-ES), vinculado ao currículo estadual. Disponível em: <<https://curriculo.sedu.es.gov.br/curriculo/wp-content/uploads/2025/10/REFERENCIAL-PARTE-2-POR-IARA-VERSAO-ENVIADA-PARA-CONSULTA-PUBLICA-por-IA.pdf>>. Citado na página 59.

FILHO, J. K. Y. *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*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Matemática)) — Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) – PROFMAT, Santa Maria, RS, 2024. Acesso em: 20/08/2025. Disponível em: <https://sca.profmatsbm.org.br/busca_tcc_det.php?id=171057828&id1=7869>. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 58.

GOMES, R. C. M. *Desmistificando a Inteligência Artificial para Alunos do Ensino Médio: Explorando Conceitos e Matemática Fundamentais*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Matemática)) — Universidade Federal de Viçosa (UFV) – PROFMAT, Florestal - MG, 2024. Acesso em: 20/08/2025. Disponível em: <https://sca.profmatsbm.org.br/busca_tcc_det.php?id=171055893>. Citado na página 33.

GONÇALVES, A. R. *Redes Bayesianas*. [S.l.], 2009. PDF (18 p.). O arquivo não explicita data no texto; ano adotado a partir dos metadados do PDF (CreationDate: 23 set. 2009). Disponível em: <<https://andreric.github.io/files/pdfs/bayesianas.pdf>>. Citado na página 26.

GOOGLE. *NotebookLM*. s.d. Página oficial do produto. Ferramenta de pesquisa e assistência baseada em IA desenvolvida pelo Google. Disponível em: <<https://notebooklm.google/>>. Citado na página 50.

GUGERTY, L. Newell and simon's logic theorist: Historical background and impact on cognitive modeling. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, v. 50, n. 9, p. 880–884, out. 2006. Disponível em: <<https://doi.org/10.1177/154193120605000904>>. Citado na página 23.

HICKS, M. T.; HUMPHRIES, J.; SLATER, J. Chatgpt is bullshit. *Ethics and Information Technology*, v. 26, p. 38, 2024. Publicado online em 8 jun. 2024. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/s10676-024-09775-5>>. Citado 2 vezes nas páginas 56 e 57.

HOSAKI, G. Y.; RIBEIRO, D. F. Deep learning: Ensinando a aprender. *Revista de Gestão e Estratégia (RGE)*, v. 3, n. 1, p. 1–15, 2021. ISSN 2674-6743. Autores vinculados à FATEC Taquaritinga; periódico com correspondência institucional na FATEC Assis. Citado na página 17.

IBM. *O que é Claude AI?* s.d. Página na web (IBM Think). Na versão em inglês do mesmo tópico: Published 24 Sep 2024; Updated 03 Feb 2026; By Dave Bergmann. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/claude-ai>>. Citado na página 51.

Instituto Federal do Espírito Santo. *Concurso Público 01/2024 – Docentes*. Vitória: [s.n.], 2024. Página institucional de processo seletivo. Página oficial com informações, cronograma e documentos do concurso público para docentes. Disponível em: <<https://www.ifes.edu.br/processosseletivos/servidores/item/3127-concurso-publico-01-2024-docentes>>. Citado na página 76.

Instituto Federal do Espírito Santo. *Editais nº 01/2024: Concurso Público de Provas e Títulos para Docente (retificado em 12 de dezembro de 2024)*. Vitória: [s.n.], 2024. Edital de concurso público. Documento oficial do IFES para provimento de cargos docentes. Disponível em: <<https://www.ifes.edu.br/images/stories/-publicacoes/processos-seletivos/servidores/2024/2024-01/edital-docente-01-2024-retificado-12-12-24.pdf>>. Citado na página 76.

Instituto Federal do Espírito Santo. *Prova para cursos técnicos integrados do Ifes acontece neste domingo (19)*. 2025. Notícia institucional. Disponível em: <<https://www.ifes.edu.br/noticias/22138-prova-para-cursos-tecnicos-integrados-do-ifes-acontece-neste-domingo>>. Citado na página 62.

Instituto Tecnológico de Aeronáutica. *Informações gerais*. s.d. Página institucional. Página oficial com descrição dos cursos de graduação e estrutura do ITA. Disponível em: <<http://www.ita.br/info>>. Citado na página 79.

LEE, F. *O que é uma rede neural?* s.d. Página na web (IBM Think). IBM Think. A página identifica Fangfang Lee como autora; não há data explícita de publicação/atualização no corpo da página no momento do acesso. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/neural-networks>>. Citado na página 17.

LIGHTHILL, J. Artificial intelligence: A general survey. In: *Artificial Intelligence: a Paper Symposium*. London: Science Research Council, 1973. Texto datado de July 1972 na compilação. Disponível em: <http://www.chilton-computing.org.uk/inf/literature/reports/lighthill_report/contents.htm>. Citado na página 24.

LIMA, S. I. P. da S. *Inteligência Artificial no Ensino de Matemática: Potencialidades e Desafios para Professores*. Dissertação (Dissertação de Mestrado em Matemática) — Universidade Federal de Alagoas – UFAL, PROFMAT, Maceió, AL, 2025. Disponível em: <https://sca.profmatt-sbm.org.br/busca_tcc_det.php?id=171059966&id1=8111>. Acesso em 20/08/2025. Citado 2 vezes nas páginas 35 e 58.

MARQUES, A. P. *O USO DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DA MATEMÁTICA*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Matemática)) — Universidade Federal do Amapá (UNIFAP) – PROFMAT, Macapá - AP, 2020. Acesso em: 20/08/2025. Disponível em: <https://sca.profmatt-sbm.org.br/busca_tcc_det.php?id=171053929>. Citado na página 31.

MCCARTHY, J. *Review of “Artificial Intelligence: A General Survey”*. 2000. Texto online (preprint). Review de “Artificial Intelligence: A General Survey” (J. Lighthill), em *Artificial Intelligence: a paper symposium*, Science Research Council, 1973. Datado de 13 jun. 2000. Versões HTML e PDF disponíveis online. Disponível em:

- <<https://www-formal.stanford.edu/jmc/reviews/lighthill/lighthill.html>>. Citado na página 24.
- MCCARTHY, J. et al. A proposal for the dartmouth summer research project on artificial intelligence, august 31, 1955. *AI Magazine*, v. 27, n. 4, p. 12, Dec. 2006. Disponível em: <<https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/1904>>. Citado 3 vezes nas páginas 19, 21 e 22.
- MCCULLOCH, W. S.; PITTS, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. *Bulletin of Mathematical Biology*, v. 52, n. 1/2, p. 99–115, 1990. Reprinted from the *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 5, p. 115–133 (1943). Citado na página 17.
- MINSKY, M. L.; PAPERT, S. A. *Perceptrons: An Introduction to Computational Geometry*. Expanded edition. Cambridge, MA: The MIT Press, 1988. Edição expandida (com prologue/epilogue adicionais). ISBN 0262631113. Citado na página 24.
- MUCCI, T. *A história da inteligência artificial*. s.d. Página na web (IBM Think). IBM Think (autor: Tim Mucci, IBM Writer). Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/history-of-artificial-intelligence>>. Citado 5 vezes nas páginas 18, 19, 27, 28 e 29.
- OPENAI. *GPT-3 powers the next generation of apps*. 2021. Página na web. Publicado em 25 mar. 2021. Disponível em: <<https://openai.com/index/gpt-3-apps/>>. Citado na página 28.
- OpenAI. *Por que os modelos de linguagem alucinam?* 2025. Página na web. Publicado em 5 set. 2025. Acesso em: 28 jan. 2026. Disponível em: <<https://openai.com/pt-BR/index/why-language-models-hallucinate/>>. Citado na página 56.
- OPENAI. *Introducing PRISM*. 2026. Página institucional na web. Publicação original em inglês: 20 May 2024. Versão pt-BR consultada. Disponível em: <<https://openai.com/pt-BR/index/introducing-prism/>>. Citado na página 45.
- OPENAI. *PRISM*. s.d. Página institucional na web. Página oficial da OpenAI (versão pt-BR); não há data explícita de publicação/atualização no momento do acesso. Disponível em: <<https://openai.com/pt-BR/prism/>>. Citado na página 44.
- PACHECO, D. *Inteligências artificiais entram em campo contra e a favor da desinformação*. 2023. Matéria jornalística. *Jornal da USP*. Atualizado em 17 nov. 2023. Disponível em: <<https://jornal.usp.br/atualidades/inteligencias-artificiais-entram-em-campo-contra-e-a-favor-da-desinformacao/>>. Citado na página 57.
- PEARL, J. *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems: Networks of Plausible Inference*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers, 1988. (Morgan Kaufmann series in representation and reasoning). Há edições/printings com ISBN 1558604790/9781558604797; a referência acima usa o ISBN do registro de 1988 em catálogos bibliográficos. ISBN 0934613737. Disponível em: <<https://shop.elsevier.com/books/probabilistic-reasoning-in-intelligent-systems/pearl/978-0-08-051489-5>>. Citado na página 26.

- RIEGEL, C. A. *EXPLORANDO A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA COMO APOIO AOS DOCENTES DE MATEMÁTICA*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Matemática)) — Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT)–PROFMAT, Sinop - MT, 2024. Acesso em: 20/08/2025. Disponível em: <https://sca.profmatt-sbm.org.br/busca_tcc_det.php?id=171057620>. Citado na página 34.
- RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, v. 323, p. 533–536, 1986. Published: 09 Oct 1986. Disponível em: <<https://gwern.net/doc/ai/nn/1986-rumelhart-2.pdf>>. Citado na página 26.
- RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 3. ed. [S.l.]: Pearson, 2010. ISBN 978-0-13-604259-4. Citado 6 vezes nas páginas 17, 19, 20, 24, 25 e 26.
- SILVA, A. C. da. *DESAFIOS E POSSIBILIDADES DO USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL GENERATIVA NA ELABORAÇÃO E REVISÃO DE ITENS DE MATEMÁTICA*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Matemática)) — Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA) – PROFMAT, Santarém - PA, 2023. Acesso em: 20/08/2025. Disponível em: <https://sca.profmatt-sbm.org.br/busca_tcc_det.php?id=171058058>. Citado na página 32.
- SILVA, B. E. dos Santos da. *INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA EDUCAÇÃO: UMA ABORDAGEM COMPARATIVA DAS PROPOSTAS DOS GOVERNOS POR MEIO DE ANÁLISE DOCUMENTAL*. Dissertação (Dissertação (Mestrado em Matemática)) — UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS (UEA) – PROFMAT, MANAUS – AM, 2025. Acesso em: 19/01/2026. Disponível em: <https://sca.profmatt-sbm.org.br/profmatt_tcc.php?id1=8477&id2=171059516>. Citado 2 vezes nas páginas 37 e 38.
- SOBREIRA, V. Um panorama da história da inteligência artificial e suas aplicações na pesquisa histórica. *Varia Historia*, v. 41, p. e25035, 2025. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/0104-87752025v41e25035>>. Citado 6 vezes nas páginas 18, 20, 22, 23, 24 e 27.
- Sociedade Brasileira de Matemática. *Apresentação*. 2021. Página institucional do PROFMAT. Página oficial do Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional (PROFMAT). Disponível em: <<https://profmatt-sbm.org.br/apresentacao/>>. Citado na página 73.
- Sociedade Brasileira de Matemática. *Exame Nacional de Qualificação*. 2021. Página institucional do PROFMAT. Página oficial com provas e gabaritos do Exame Nacional de Qualificação do PROFMAT. Disponível em: <<https://profmatt-sbm.org.br/exame-nacional-de-qualificacao/>>. Citado na página 73.
- Sociedade Brasileira de Matemática. *Normas do Exame Nacional de Qualificação do PROFMAT – ENQ 2026.1*. 2026. Documento normativo acadêmico. Documento elaborado pela Comissão Acadêmica Nacional do PROFMAT. Disponível em: <https://profmatt-sbm.org.br/wp-content/uploads/sites/4/sites/4/2026/02/Normas-Exame_Nacional_Qualificacao_PROFMAT_ENQ-2026.1.pdf>. Citado na página 73.

Sociedade Brasileira de Matemática. *Ingresso 2026*. s.d. Página do PROFMAT. Página oficial do PROFMAT com informações sobre o Exame Nacional de Acesso (ENA) 2026. Disponível em: <<https://profmatt-sbm.org.br/ingresso-2026/>>. Citado na página 65.

STRYKER, C. *O que é LLM (grandes modelos de linguagem)?* s.d. Página na web (IBM Think). IBM Think. Autora indicada na página: Cole Stryker (Staff Editor, AI Models). Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/large-language-models>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

STRYKER, C.; BERGMANN, D. *O que é um modelo de transformador?* s.d. Página na web (IBM Think). IBM Think. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/transformer-model>>. Citado 2 vezes nas páginas 27 e 28.

STRYKER, C.; KAVLAKOGLU, E. *O que é inteligência artificial (IA)?* s.d. Página na web (IBM Think). A página lista como autores Cole Stryker (IBM Think) e Eda Kavlakoglu (IBM Research); não há data de publicação/atualização explicitada no corpo da página no momento do acesso. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/artificial-intelligence>>. Citado na página 17.

STRYKER, C.; SCAPICCHIO, M. *O que é a IA generativa?* s.d. Página na web (IBM Think). Autoria identificada na versão IBM Think em inglês do mesmo tópico. Disponível em: <<https://www.ibm.com/br-pt/think/topics/generative-ai>>. Citado 2 vezes nas páginas 18 e 39.

SWIFT, J. *As viagens de Gulliver: viagens a diversas nações remotas do mundo. Em quatro partes. Por Lemuel Gulliver, primeiro como cirurgião, depois como capitão de diversos navios*. Lisboa: Guerra e Paz, 2022. Tradução de Frederico Pedreira. Publicado originalmente em 1726; reeditado com emendas em 1735. ISBN 978-989-702-771-0. Citado na página 19.

TAO, T. *Solving Mathematical Problems: A Personal Perspective*. [S.l.]: Oxford University Press, 2006. Citado na página 88.

TEAM, S. bench. *SWE-bench Leaderboards*. 2025. Página de benchmark (leaderboards). Site oficial do SWE-bench; rodapé indica © 2025 SWE-bench Team. Disponível em: <<https://www.swebench.com/>>. Citado 3 vezes nas páginas 39, 51 e 55.

Tribunal de Contas do Estado do Espírito Santo. *Deepfakes e a IA para manipulação digital*. s.d. Página institucional na web. Conteúdo informativo institucional sobre deepfakes e inteligência artificial. Disponível em: <<https://www.tcees.tc.br/ajuda/deepfakes-e-a-ia-para-manipulacao-digital/>>. Citado na página 57.

TURING, A. M. Computing machinery and intelligence. *Mind*, v. 59, n. 236, p. 433–460, out. 1950. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/mind/LIX.236.433>>. Citado na página 20.

VASWANI, A. et al. Attention is all you need. In: *Advances in Neural Information Processing Systems 30 (NIPS 2017)*. [s.n.], 2017. p. 5998–6008. Disponível em: <https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2017/hash/3f5ee243547dee91fbd053c1c4a845aa-Abstract.html>. Citado na página 27.

WEBDESIGN, H. *About Google Sites*. 2026. Página web. Página informativa não oficial sobre Google Sites. Disponível em: <<https://sites.google.com/site/horstwebdesign/about-google-sites>>. Citado na página 96.

WOOLDRIDGE, M. *A Brief History of Artificial Intelligence: What It Is, Where We Are, and Where We Are Going*. New York: Flatiron Books, 2021. ISBN 9781250770745. Citado 6 vezes nas páginas 17, 19, 22, 23, 24 e 27.