

Ensino de Lógica Matemática a Modelos de IA: Desenvolvimento de um Agente Inteligente Interativo

David Thiago D. Silva¹, Felipe C. Leal², Felipe J. dos Santos³, Flaygner M. Rebolças⁴,
Reinan S. de Oliveira⁵, Rodrigo dos S. Pacheco⁶, Vinicius de J. Alves⁷

¹Universidade Federal de Sergipe - Campus São Cristóvão

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - Campus Lagarto

{felipejovinogamerplay, devide016, vja010play, rsilva_102}@gmail.com

{rpacheco_15, felipscarvalho}@academico.ufs.br

{flaygner.reboucas}@ifs.edu.br

Abstract. Artificial intelligence has shown itself to be a promising tool for supporting education by automating tasks and optimizing processes, making it possible to reduce school dropouts and include students with disabilities. The same applies to the teaching of mathematical logic, where AI makes it possible to create learning solutions. With this in mind, the aim of this work is to propose an interactive intelligent agent based on the GPT model to help elementary school students solve mathematical logic problems. To do this, we tried to integrate the GPT API with Whatsapp, allowing questions to be sent and detailed explanations to be received. The intelligent agent was therefore trained with standardized questions, following the guidelines of the National Common Core Curriculum (BNCC), from the stages of defining the scope of the agent's action and improving the accuracy and quality of the AI model's answers based on a bank of 900 questions on mathematical logic for elementary school. Tests were then carried out on a set of test questions. The tests validated the accuracy and suitability of the answers, demonstrating the feasibility of using intelligent agents to reinforce the teaching of mathematical logic in an accessible and interactive way. The results allow us to conclude that the intelligent agent is a potential tool for learning mathematical logic, although some challenges such as the difficulty of access by the population and the need for tests with larger audiences have been perceived.

Resumo. A inteligência artificial tem se mostrado uma ferramenta promissora no apoio à educação, a partir de automação de tarefas e otimização de processos, o que possibilita a redução da evasão escolar e a inclusão de estudantes com deficiência. O mesmo ocorre em relação ao ensino da lógica matemática, em que a IA possibilita a criação de soluções para a aprendizagem. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo propor um agente inteligente interativo baseado no modelo GPT, para auxiliar estudantes do ensino fundamental na resolução de problemas de lógica matemática. Para tanto, buscou-se integrar a API do GPT ao Whatsapp, permitindo o envio de questões e o recebimento de explicações detalhadas. O agente inteligente foi, portanto, treinado com perguntas padronizadas, seguindo diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a partir das etapas de definição do escopo de atuação

do agente e aprimoramento da precisão e qualidade das respostas do modelo de IA tomando como base um banco de 900 questões sobre lógica matemática para o ensino fundamental. Posteriormente, foram realizados testes a partir de um conjunto de perguntas de teste. Os testes validaram a precisão e adequação das respostas, demonstrando a viabilidade do uso de agentes inteligentes para reforçar o ensino de lógica matemática de forma acessível e interativa. Os resultados permitem concluir que o agente inteligente é uma potencial ferramenta na aprendizagem da lógica matemática, embora alguns desafios como a dificuldade de acesso por parte da população e a necessidade de testes com públicos maiores tenham sido percebidos.

1. Introdução

A Inteligência Artificial (IA) tem se consolidado como tecnologia transformadora na educação, ao possibilitar automação de tarefas, personalização de experiências e otimização de processos. Ferramentas como o IBM Watson Education e a plataforma Pounce, da Georgia State University, utilizam algoritmos para analisar desempenho, frequência e participação dos alunos, oferecendo trilhas personalizadas e alertando professores sobre casos de risco. Essa abordagem gerou resultados expressivos, como aumento de 8% na taxa de graduação e redução de 22% na evasão escolar [Picão et al. 2023]. Ao adaptar conteúdos às necessidades dos alunos, a IA contribui diretamente para a melhoria da aprendizagem e da retenção estudantil.

A IA também é relevante na inclusão de estudantes com deficiência, por meio de tecnologias de processamento de linguagem natural e reconhecimento de voz, que geram legendas automáticas e convertem textos em áudio, ampliando o acesso de alunos com deficiências auditiva e visual [UNESCO 2023]. A pandemia de Covid-19 acelerou o uso de tecnologias no ensino, impulsionando a adoção da IA. Projeções apontam que o mercado global da tecnologia ultrapassará 290 bilhões de dólares até 2030 [Polaris Market Research 2022]. No Brasil, seu uso tem sido explorado para melhorar o desempenho dos alunos e aplicar metodologias adaptativas.

O desenvolvimento da lógica matemática na educação básica é essencial para formar alunos com pensamento crítico e habilidades de resolução de problemas. No entanto, segundo o PISA, apenas 33% dos estudantes brasileiros de 15 anos conseguem resolver questões básicas de raciocínio lógico, e menos de 2% solucionam problemas mais complexos [O Globo 2024], posicionando o Brasil entre os últimos no ranking mundial nesse aspecto.

Diante desse contexto, este trabalho propõe o desenvolvimento de um agente inteligente interativo baseado no modelo GPT, projetado para auxiliar alunos do ensino fundamental na resolução de problemas de lógica matemática. A solução utiliza o WhatsApp como canal de comunicação, permitindo que os estudantes enviem questões e recebam explicações detalhadas e comentadas. O modelo foi treinado com instruções específicas voltadas à lógica matemática, garantindo respostas coerentes com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [BNCC 2025], com foco no desenvolvimento do raciocínio lógico, do espírito investigativo e da capacidade de argumentação. Além do supracitado, este modelo de agente inteligente interativo conecta uma competência específica de matemática para o ensino fundamental prevista na BNCC: o uso de ferramen-

tas digitais para resolver problemas cotidianos.

A aplicação de IA em contextos restritivos é relevante academicamente e soci-almente, considerando limitações de dados, regulações ou cenários adversos. Modelos inteligentes podem personalizar o ensino, automatizar tarefas e apoiar o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. Um estudo em nove escolas públicas da Paraíba apontou média de 58% de acertos em lógica matemática e 65% em lógica computacional [Mattos et al. 2023], evidenciando a necessidade de reforçar essas habilidades.

A integração da IA no ensino mostra-se promissora ao auxiliar na mediação, elaboração de planos, correção de provas e, especialmente, no desenvolvimento de competências matemáticas. Agentes inteligentes, capazes de adquirir conhecimento e atuar autonomamente [Gomes et al. 2020], são aliados nesse processo. Alinhado à BNCC, este trabalho busca contribuir para o desenvolvimento de habilidades essenciais, utilizando a IA como instrumento pedagógico para uma educação mais inclusiva, personalizada e eficaz [BNCC 2025].

2. Referencial Teórico

Neste capítulo, são apresentadas as principais tecnologias e ferramentas fundamentais para o desenvolvimento do tema abordado neste trabalho.

2.1. Lógica matemática

Com o avanço tecnológico, a Inteligência Artificial (IA) surge como uma ferramenta promissora no ensino da lógica matemática. De acordo com Guimarães [Guimarães 2021], o uso de Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) podem auxiliar no desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático, proporcionando aos alunos experiências de aprendizagem mais interativas e personalizadas.

A BNCC reconhece a importância do raciocínio lógico-matemático e define o letramento matemático como a capacidade de formular, empregar e interpretar a matemática em diferentes contextos [BNCC 2025]. Entre suas diretrizes, destacam-se o desenvolvimento do pensamento lógico, da argumentação e da resolução de problemas, bem como o uso de tecnologias digitais e metodologias que promovam a autonomia do aluno.

Portanto, é essencial que o ensino de lógica matemática no Ensino Fundamental seja gradual e interativo. Segundo Santos [dos Santos et al. 2018], resolver problemas de raciocínio lógico-matemático favorece o desenvolvimento do pensamento matemático, preparando os alunos para desafios acadêmicos e cotidianos com mais autonomia. A BNCC também destaca a importância da argumentação, do uso de tecnologia e da autonomia no aprendizado, alinhando o ensino às diretrizes nacionais.

2.2. Inteligência artificial

O surgimento da inteligência artificial (IA) remonta aos primórdios da computação, quando matemáticos buscavam criar máquinas capazes de simular o pensamento humano. O termo *inteligência artificial* foi cunhado nos anos 1950 por John McCarthy, com o objetivo de desenvolver sistemas que raciocinem, aprendam e resolvam problemas [Kaufman 2022]. Desde então, a IA tem evoluído, expandindo-se para setores como educação, saúde, indústria e entretenimento.

Na educação, a IA permite uma personalização da aprendizagem, de tal forma que estudantes avancem no seu ritmo e recebam feedback alinhado às suas necessidades [Átila De Souza et al. 2024]. Tecnologias como tutores inteligentes e plataformas adaptativas ampliam o engajamento e os resultados, ao mesmo tempo em que desafiam os educadores a adotá-las de forma ética e inclusiva.

Cunha dos Santos [dos Santos 2018] destaca os Sistemas Tutores Inteligentes (STIs) como uma das aplicações mais eficazes da IA na educação. Esses sistemas utilizam modelos computacionais para simular a interação entre aluno e tutor, proporcionando um ambiente de aprendizado mais dinâmico e personalizado. Os STIs desempenham um papel essencial na Educação a Distância (EaD), auxiliando na mediação entre estudantes e professores, oferecendo suporte automatizado e ampliando as possibilidades de contato entre aluno e instrutor.

Dessa forma, a IA surge como uma poderosa ferramenta na educação, possibilitando a criação de novos métodos pedagógicos e potencializando o aprendizado, especialmente em áreas como a lógica matemática. No entanto, é essencial que seu uso seja orientado por princípios pedagógicos sólidos, garantindo que essas tecnologias sejam utilizadas para complementar o ensino e não substituir o papel essencial dos educadores.

2.3. GPT (Generative Pre-trained Transformer)

O modelo Generative Pre-trained Transformer (GPT) representa um avanço no Processamento de Linguagem Natural (PLN), baseado na arquitetura de redes neurais transformadoras. Modelos como o GPT-4 são capazes de compreender e gerar textos com alta coerência, graças ao treinamento prévio em grandes volumes de dados, o que permite respostas altamente contextuais.

Na educação, o GPT tem sido usado para personalizar o ensino, oferecendo explicações adaptadas ao nível de conhecimento dos alunos e automatizando tarefas, como correção de redações e geração de exercícios. Segundo Oliveira et al. [Oliveira and da Silva 2023], a IA tem se mostrado eficaz ao analisar o desempenho dos estudantes e oferecer suporte pedagógico dinâmico e personalizado.

Entretanto, seu uso traz desafios. Para Neto [Neto 2024], se faz necessário garantir uma atuação ética, evitando viés algorítmico e assegurando uma interação confiável. A adoção do GPT requer monitoramento constante e regulação adequada.

Da Silva et al. [da Silva et al. 2023] reforçam a necessidade de supervisão humana, tanto para assegurar a exatidão das respostas como para prevenir o plágio acadêmico. Ferramentas como o ChatGPT geram preocupações sobre autenticidade e responsabilidade na produção do conhecimento, exigindo que as instituições estabeleçam diretrizes claras sobre seu uso.

Dados da Semrush indicam que, em janeiro de 2024, o ChatGPT alcançou 2,4 bilhões de acessos, sendo o Brasil o 4º país com mais acessos (128,7 milhões) [MELO 2024]. Isso evidencia a ampla aceitação da ferramenta, justificando sua escolha neste estudo para ensinar lógica matemática de forma interativa.

2.4. Treinamento de modelos de IA

Alguns modelos de IA, como o GPT, permitem a construção de agentes para operar em situações restritivas, onde é possível dar instruções por meio de um diálogo, e essas

instruções irão mostrar ao agente o caminho que ele deve seguir para aprender determinado assunto. Esse processo de aprendizado ocorre de forma iterativa, com o agente ajustando suas respostas conforme recebe novos dados e feedbacks do usuário.

De acordo com a documentação oficial do GPT [OpenAI 2025], uma funcionalidade importante para aprimorar essa especialização é a possibilidade de fazer upload de arquivos contendo informações relevantes para o treinamento do modelo. Com essa abordagem, o agente pode processar documentos em .pdf, planilhas, bases de dados e outros formatos estruturados, permitindo que o aprendizado seja baseado em um conjunto de conhecimento mais amplo e específico. Isso possibilita que o modelo utilize materiais didáticos selecionados, como livros e exercícios de lógica para o ensino fundamental, assegurando que suas respostas estejam alinhadas ao currículo desejado.

Dessa forma, é possível limitar o modelo para atuar exclusivamente dentro de um determinado escopo, como responder apenas questões relacionadas à lógica matemática para o ensino fundamental. Além disso, pode-se definir o tipo de linguagem que ele utilizará para se comunicar com o usuário, garantindo um nível adequado de compreensão e interação.

Com essas definições estabelecidas, o próximo passo é combinar a base de conhecimento pré-existente do GPT com restrições bem definidas e um treinamento direcionado. Isso permite a criação de um agente especializado, capaz de oferecer explicações e resolver problemas de lógica matemática com foco no ensino fundamental.

2.5. WhatsApp

O WhatsApp é a principal plataforma de comunicação no Brasil, desempenhando um papel central tanto em interações pessoais quanto profissionais. De acordo com dados da Statista [Statista 2024], em 2024, o aplicativo contava com aproximadamente 147 milhões de usuários no país, representando 93% da população online brasileira.

Além disso, uma pesquisa da Opinion Box [Opinion Box 2025] revelou que 96% dos usuários acessam o WhatsApp diariamente, destacando sua presença constante na rotina dos brasileiros.

Neste projeto, o WhatsApp é o principal meio de comunicação entre a IA e o usuário, neste caso, um aluno do ensino fundamental, por ser uma ferramenta de comunicação amplamente utilizada no Brasil.

3. Trabalhos Relacionados

Este capítulo apresenta estudos que fundamentam a relevância deste trabalho. A pesquisa exploratória utilizou palavras-chave como: inteligência artificial e ensino da matemática, IA na educação e IA no estudo da matemática. Podemos citar como trabalhos que caminham no mesmo sentido que o que propomos desenvolver aqui:

De Carvalho et al. [de Carvalho et al. 2019], que buscaram analisar Sistemas Tutores Inteligentes (STI) no ensino de matemática, com destaque para a capacidade de personalizar o aprendizado e oferecer feedback imediato, especialmente no ensino fundamental;

Ferrão et al. [Ferrão et al. 2021], que exploraram agentes inteligentes no ensino

online, propondo o Modelo Wizard User, que sugere conteúdos personalizados e aprimora a interação entre alunos e professores, alinhando-se aos objetivos deste trabalho; e

Guerreiro et al. [Guerreiro et al. 2019], que destacam o uso de agentes inteligentes em plataformas educacionais, capazes de se adaptar ao perfil dos alunos e automatizar o suporte pedagógico, tornando o aprendizado mais dinâmico.

Os estudos mostram que a IA tem papel crescente na educação matemática, por meio de tutores, agentes e robótica. No entanto, não abordam o uso do GPT no ensino de lógica matemática, o que torna esta pesquisa inovadora ao propor um agente inteligente no WhatsApp, alinhado às bases comuns propostas na BNCC [BNCC 2025].

4. Desenvolvimento da Proposta

Neste capítulo serão apresentadas as etapas do ciclo de vida de construção da solução proposta, bem como o processo de treinamento do modelo de IA e os resultados obtidos com a solução.

4.1. Sobre o sistema proposto

A solução proposta neste trabalho é um agente inteligente interativo, baseado em Inteligência Artificial, que auxilia alunos do ensino fundamental na resolução de questões de lógica matemática.

O funcionamento segue o seguinte roteiro: o aluno envia uma pergunta de lógica matemática pelo WhatsApp, e a Inteligência Artificial (IA) responde com a solução da questão explicada passo a passo. Dessa forma, o aluno não recebe apenas a resposta final, mas uma explicação detalhada, que mostra como chegar à solução. Além disso, o aluno pode solicitar que a IA reformule a resposta, o que traz uma das competências específicas previstas na BNCC, que é compreender as relações entre conceitos e procedimentos dos diferentes campos da Matemática.

O objetivo é que os alunos consigam aprender raciocínio lógico de forma prática e interativa, utilizando uma plataforma acessível e amplamente utilizada no Brasil. Além disso, determinamos que o agente responda apenas questões dentro do tema de lógica matemática, garantindo que as explicações sejam direcionadas para o aprendizado correto.

4.2. Arquitetura da solução

A arquitetura proposta foi desenvolvida para integrar o modelo GPT ao WhatsApp, permitindo a interação entre usuários e um agente de IA especializado em lógica matemática para alunos do ensino fundamental. O fluxo de comunicação entre os componentes do sistema é essencial para garantir a eficiência e a usabilidade da aplicação, conforme ilustrado na Figura 1.

A solução é composta por camadas que processam mensagens enviadas via WhatsApp e geram respostas através do modelo GPT. Devido às limitações da API oficial do WhatsApp, utiliza-se uma API não oficial que permite ler e enviar mensagens automatizadas.

A aplicação, desenvolvida em Node.js, intermedia a comunicação entre WhatsApp e a API do ChatGPT, processando requisições e formatando respostas. A interação

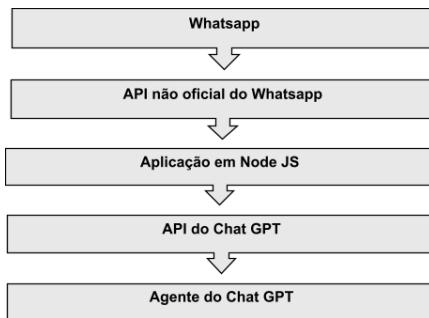


Figura 1. Arquitetura da solução

Autoria própria, 2025

com o ChatGPT ocorre via HTTP, utilizando Processamento de Linguagem Natural para gerar respostas coerentes.

O agente do ChatGPT é treinado para fornecer respostas personalizadas, com foco em raciocínio lógico e linguagem didática. As respostas são então enviadas de volta ao usuário pelo WhatsApp, permitindo uma comunicação direta com a IA.

4.3. Requisitos do sistema

A definição dos requisitos de um sistema é um passo fundamental no processo de desenvolvimento de software, pois estabelece com clareza suas funcionalidades e limitações. De acordo com [Sommerville 2011], os requisitos descrevem as ações que o sistema deve executar, os serviços que ele oferece e as restrições que orientam seu funcionamento. Além disso, [Pressman and Maxim 2020] destacam que requisitos bem definidos garantem que o software atenda às expectativas dos usuários e funcione conforme o planejado.

4.4. Treinamento do modelo

O agente inteligente baseado no modelo GPT integrado ao WhatsApp foi treinado para atuar exclusivamente como um assistente especializado em lógica matemática para crianças e adolescentes do ensino fundamental. O objetivo desse agente é fornecer respostas comentadas e adequadas dentro de um conjunto de tópicos pré-definidos, garantindo um ambiente de aprendizado direcionado e eficiente.

A primeira etapa do desenvolvimento consistiu na definição do escopo de atuação do agente. Para isso, foi estabelecida uma instrução restritiva que delimita sua função e comportamento. A diretriz programada para o modelo foi a seguinte:

*Você é um assistente especializado em lógica matemática para crianças e adolescentes. Utilize uma linguagem que seja de fácil entendimento para esse público-alvo. Sua função é responder apenas perguntas sobre lógica matemática dos seguintes tópicos: 1. **Raciocínio Lógico Matemático**: Sequências e padrões; Operações lógicas; Quebra-cabeças matemáticos. 2. **Raciocínio Lógico Verbal**: Ordenação de frases; Relações entre palavras; Enigmas e charadas. 3. **Raciocínio Lógico Computacional**: Sequências e comandos; Fluxogramas e diagramas de decisão; Soluções baseadas em regras. 4. **Raciocínio Lógico Dedutivo e Indutivo**: Desafios*

de verdadeiro ou falso; Problemas de lógica clássicos; Soluções baseadas em evidências. 5. **Raciocínio Criativo e Estratégico:** Histórias inventadas a partir de pistas; Desafios de pensamento lateral; Criação de soluções para problemas cotidianos.

Se alguém fizer uma pergunta fora desse tema, responda apenas: “Desculpe, só posso responder perguntas sobre lógica matemática.” Nunca tente responder perguntas que não sejam sobre lógica matemática. Se não tiver certeza, recuse-se a responder.

As instruções utilizadas conforme descrito nesta etapa. Essas diretrizes ajudaram o agente a não fornecer respostas irrelevantes ou equivocadas sobre outros temas, assegurando o foco exclusivo no ensino de lógica para alunos do ensino fundamental.

A segunda etapa visou aprimorar a precisão e qualidade das respostas do modelo de IA. Para isso, foi realizado um apanhado contendo mais de 900 questões sobre lógica matemática para o ensino fundamental, disponíveis em: https://drive.google.com/drive/folders/1Al_hv5YJuuPnx16E60LRK-WxrSXutqdr?usp=sharing. Essa base de conhecimento foi utilizada para ajudar o modelo de IA a compreender a maneira como questões de lógica são apresentadas aos alunos do ensino fundamental, abrangendo diferentes níveis de dificuldade e subtemas, garantindo uma cobertura ampla do conteúdo. As questões sobre lógica matemática foram inseridos na base de dados de treinamento do modelo de IA.

Após a configuração do agente e a integração da base de conhecimento, foi realizada uma bateria de testes para validar seu funcionamento. Para isso, foi desenvolvido um conjunto de perguntas de teste disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/1u4bpM5LPKN8U1KBUhoGLq23g0rFfWeag?usp=sharing>, abrangendo diferentes cenários de interação, tais como: Perguntas dentro do escopo definido, avaliando a precisão e clareza das respostas; Perguntas ligeiramente alteradas para verificar a flexibilidade na interpretação do conteúdo; Perguntas fora do escopo para garantir que o agente respondesse corretamente com a mensagem padronizada de recusa.

As questões de lógica foram construídas de maneira alinhada com os objetivos da BNCC e organizadas por ano do Ensino Fundamental. Cada questão foi pensada para desenvolver o raciocínio lógico de maneira gradual e adequada à faixa etária.

5. Conclusão

Este trabalho desenvolveu um agente inteligente interativo para auxiliar alunos do ensino fundamental no aprendizado de lógica matemática. Diante das dificuldades recorrentes no desenvolvimento do raciocínio lógico e dos baixos índices em avaliações como o PISA, torna-se evidente a necessidade de abordagens inovadoras que tornem o ensino mais acessível e eficiente.

A aplicação de Inteligência Artificial (IA) na educação surge como alternativa promissora para apoiar o aprendizado de conceitos matemáticos, oferecendo explicações detalhadas e interativas. A integração do agente ao WhatsApp, plataforma amplamente utilizada no Brasil, amplia seu alcance, permitindo que o ensino ultrapasse os limites da sala de aula e se adapte ao ritmo de cada aluno.

Os resultados indicam que o agente é uma ferramenta eficaz no reforço do aprendizado, mas também revelam desafios e possibilidades de melhorias, como testes com públicos maiores, participação de professores e ajustes no modelo para lidar com perguntas ambíguas, tornando as respostas ainda mais didáticas. Além disto, o uso regulado deste tipo de ferramenta para que ele seja feito de forma ética se faz necessário.

A IA na educação mostra-se um caminho promissor, e este trabalho contribui para sua evolução, incentivando novas pesquisas e aprimoramentos na aplicação de agentes inteligentes no ambiente escolar.

5.1. Trabalhos futuros

Os trabalhos futuros incluem o aprimoramento do modelo por meio da ampliação do banco de questões sobre lógica matemática; a avaliação da qualidade das respostas do agente inteligente sob a ótica de professores de matemática; a promoção de testes em larga escala com o objetivo de refinar o modelo a partir de novas instruções de treino; a realização de testes com alunos do ensino fundamental sob supervisão docente; a experimentação da proposta com outras inteligências artificiais disponíveis no mercado, com posterior análise comparativa técnico-científica; a discussão do uso de IA como tutor virtual de forma ética; a viabilidade desse tipo da aplicação da ferramenta nas escolas, visto questões sociais e legais (como a proibição do uso de aparelhos telefones em sala de aula no Brasil); e, por fim, o desenvolvimento da integração com a API oficial do WhatsApp.

Referências

- BNCC (2025). Base nacional comum curricular. https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518-versao-final.pdf. Acesso em: 13 mar. 2025.
- da Silva, K. R. et al. (2023). Inteligência artificial e seus impactos na educação: uma revisão sistemática. *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, 4(11):e4114353–e4114353.
- de Carvalho, R. L., Cabral, R. G., and Ferrer, Y. R. (2019). Sistemas tutores inteligentes como recurso didático no ensino da matemática. *HOLOS*, 6:1–11.
- dos Santos, J. A. et al. (2018). Desenvolvimento do pensamento matemático: resolução de problemas de raciocínio lógico-matemático no ensino fundamental.
- dos Santos, J. A. C. (2018). Sistemas tutores inteligentes na educação.
- Ferrão, E., Bidarra, J., and Rocio, V. (2021). Requisitos de um agente inteligente de apoio ao ensino-aprendizagem on-line: modelo wizard user. *International Journal of Development Research*, 6(11):47564–47569.
- Gomes, C. G. et al. (2020). A robótica como facilitadora do processo ensino-aprendizagem de matemática no ensino fundamental. In *Ensino de Ciências e Matemática IV - Temas e Investigações*. Editora UNESP Cultura Acadêmica. Disponível em: <http://books.scielo.org/id/bpkng/pdf/pirola-9788579830815-11.pdf>.
- Guerreiro, A., Barros, D. M. V., and Morgado, L. (2019). Tutoria com agentes inteligentes na educação online. *Revista Teias*, pages 184–198.

- Guimarães, E. M. (2021). Desenvolvimento do raciocínio lógico matemático com o uso de tecnologias de informação e comunicação para o ensino fundamental. Dissertação (mestrado em educação matemática), Universidade Federal de Juiz de Fora.
- Kaufman, D. (2022). *Desmistificando a inteligência artificial*. Autêntica Editora.
- Mattos, G. O. et al. (2023). Raciocínio lógico: Uma avaliação de conhecimentos em escolas do estado da paraíba. In *Workshop sobre Educação em Computação (WEI)*, pages 235–246. SBC.
- MELO, B. (2024). Chat gpt: Brasil é o 4º país que mais utiliza a inteligência artificial. Acesso em: 11 fev. 2025.
- Neto, A. R. S. (2024). Desafios e perspectivas da educação com o avanço da inteligência artificial. *Revista Ponto de Vista*, 13(1):01–14.
- O Globo (2024). Alunos brasileiros ficam entre os piores em teste de raciocínio lógico. Acesso em: 11 fev. 2025.
- Oliveira, R. M. and da Silva, M. R. (2023). O uso da inteligência artificial no ensino da matemática. *Caderno Intersaber*, 12(44):19–29.
- OpenAI (2025). Openai developer platform - documentation. <https://platform.openai.com/docs/overview>. Acesso em: 11 fev. 2025.
- Opinion Box (2025). Whatsapp no brasil: Os principais dados sobre o uso do app e tendências para o futuro. <https://blog.opinionbox.com/pesquisa-whatsapp-no-brasil>. Acesso em: 23 fev. 2025.
- Picão, F. F. et al. (2023). Inteligência artificial e educação: como a ia está mudando a maneira como aprendemos e ensinamos. *Revista Amor Mundi*, 4(5):197–201.
- Polaris Market Research (2022). Artificial intelligence market size report, 2022 - 2030. <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/artificial-intelligence-market>. Acesso em: 12 dez. 2024.
- Pressman, R. S. and Maxim, B. R. (2020). *Engenharia de Software: Uma Abordagem Profissional*. AMGH, 8 edition. Disponível em: <https://archive.org/details/pressman-ingenharia-de-software-uma-abordagem-profissional-8a>. Acesso em: 24 fev. 2025.
- Sommerville, I. (2011). *Engenharia de Software*. Pearson Education do Brasil, 9 edition. Disponível em: <https://www.facom.ufu.br/~william/Disciplinas%202018-2/BSI-GSI030-EngenhariaSoftware/Livro/engenhariaSoftwareSommerville.pdf>. Acesso em: 24 fev. 2025.
- Statista (2024). Whatsapp in brazil - statistics & facts. <https://www.statista.com/topics/7731/whatsapp-in-brazil/>. Acesso em: 23 fev. 2025.
- UNESCO (2023). Para aproveitar a era da inteligência artificial na educação superior: um guia às partes interessadas do ensino superior. https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000386670_por. Acesso em: 13 mar. 2025.
- Átila De Souza et al. (2024). Inteligência artificial e aprendizado adaptativo, no contexto educacional. *Revista Ilustração*, 5(9):73–90.