

Resolução de Problemas Envolvendo Escalas Lineares, Superficiais e Volumétricas: Inteligência Artificial e Pensamento Computacional

Problem Solving Involving Linear, Surface, and Volumetric Scales: Artificial Intelligence as a Learning Tool

Greiton Toledo de Azevedo

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, curso de Matemática. GO, Brasil.

E-mail: greiton.azevedo@ifgoiano.edu.br.

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo identificar e analisar as características observáveis no processo de resolução de problemas envolvendo escalas lineares, superficiais e volumétricas com o uso da ferramenta de Inteligência Artificial (IA) ChatGPT, no contexto da Formação em Matemática. O estudo foi conduzido no laboratório de inovações do IF-Goiano, com a participação de estudantes do Ensino Médio, durante o desenvolvimento de situações-problema envolvendo Escalas e Inteligências Artificiais. Os dados foram analisados utilizando uma abordagem qualitativa de pesquisa, empregando o método da triangulação de dados, que considerou diversas fontes, incluindo vídeos, observações, entrevistas e ferramentas computacionais. Essa análise foi conduzida à luz da perspectiva teórica do Pensamento Computacional. Os resultados categorizados evidenciam cinco características identificadas no processo de resolução de problemas envolvendo escalas com o uso da IA: Comparação e Depuração, Análise Crítico-Reflexiva, Aprendizagem e Orientação, Identificação de Problemas (des)semelhantes e Argumentação Matemática. Os resultados obtidos demonstraram uma notável melhoria na compreensão dos conceitos matemáticos por parte dos estudantes, ao interagirem de forma ativa, crítica e reflexiva com a ChatGPT, refletindo assim uma aprendizagem mais autônoma e atual. Estes aspectos evidenciam a importância da integração entre a matemática e a IA no contexto do Ensino Médio de forma problematizada, fornecendo insights essenciais para o desenvolvimento de estratégias de aprendizagem que promovam o protagonismo dos estudantes e valorizem suas ideias e depurações intelectuais.

Palavras-chave: ChatGPT. Ensino Médio. Pensamento Computacional. IA. Matemática.

Abstract

This research aims to identify and analyze observable characteristics in the problem-solving process involving linear, surface, and volumetric scales using the Artificial Intelligence (AI) tool ChatGPT in the context of Mathematics Education. The study was conducted in the innovation laboratory of IF-Goiano, involving high school students, during the development of problem-solving situations involving Scales and Artificial Intelligence. Data were analyzed using a qualitative research approach, employing the method of data triangulation, which considered various sources including videos, observations, interviews, and computational tools. This analysis was conducted in light of the theoretical perspective of Computational Thinking. Categorized results reveal five characteristics identified in the problem-solving process involving scales with the use of AI: Comparison and Debugging, Critical-Reflective Analysis, Learning and Guidance, Identification of (dis)similar Problems, and Mathematical Argumentation. The results demonstrated a notable improvement in students' understanding of mathematical concepts as they interacted actively, critically, and reflectively with ChatGPT, reflecting a more autonomous and current learning. These aspects highlight the importance of integrating mathematics and AI in the high school context in a problematized manner, providing essential insights for the development of learning strategies that promote students' agency and value their ideas and intellectual debugging.

Keywords: ChatGPT. High School. Computational Thinking. Artificial Intelligence (AI).

1 Introdução

Recentemente, temos testemunhado avanços significativos no campo da Inteligência Artificial (IA), os quais têm aberto portas para aplicações inovadoras no campo da educação (Dell'Acqua et al., 2023; Mollick et al., 2023). Um desses avanços é o desenvolvimento de sistemas de conversação, como a IA ChatGPT (Generative Pre-trained Transformer) (OpenAI, 2024), em português, Transformador Generativo Pré-treinado. Esses sistemas são capazes de entender e gerar texto de forma contextualmente relevante, atual e coerente. A integração dessas tecnologias com metodologias ativas pode oferecer novas oportunidades ou caminhos promissores para

promover a aprendizagem e aprofundar o entendimento, por exemplo, dos conceitos matemáticos do Ensino Médio.

Possibilita ainda explorar novas formas de construção do conhecimento em álgebra, geometria, probabilidade/estatística, trigonometria, dentre outras, por meio de atividades didático-pedagógicas e tecnológicas. No entanto, essa abordagem requer cautela e criticidade ao analisar e aprimorar os comandos e respostas automatizadas obtidas pela IA no contexto de Formação em Matemática. Nessa perspectiva, concentramo-nos na IA como uma ferramenta tecnológica, embora não se limite a isso, que pode servir como um instrumento no processo de aprendizagem em Matemática.

O nosso entendimento não é simplesmente fornecer

respostas prontas aos estudantes, mas sim instigá-los a analisá-las com precisão, reflexão e criticidade, de modo a aprender com os erros de Matemática fornecidos pelas IAs. Tais erros podem configurar-se como estratégias valiosas para a aprendizagem (depuração) (Papert, 2008; Resnick, 2017), ao mesmo tempo em que permitem aos estudantes, ao fazer a tomada de decisão consciente, compreender novas formas de estratégias, comunicar ideias, ampliar o repertório, além de aprofundar a análise sistemática do levantamento de hipóteses, métodos resolutivos, leitura e interpretação de dados matemáticos.

Em particular, este estudo explora a viabilidade e os benefícios do uso do ChatGPT na resolução de questões de escalas lineares, superficiais e volumétricas nas aulas de Matemática do Ensino Médio. Propomos uma abordagem pedagógica à luz da abordagem teórica do Pensamento Computacional (Azevedo, 2022; Azevedo & Maltempo, 2023; Azevedo & Araújo, 2024; Valente, 2016; Resnick, 2017; Papert, 2008), na qual os estudantes são incentivados a ler, interpretar, argumentar e resolver problemas matemáticos de forma ativa e contextualmente relevante, e posteriormente a analisar as soluções fornecidas pelo ChatGPT. Esse contexto visa não apenas fortalecer as habilidades de resolução de problemas dos alunos, mas também promover uma compreensão mais profunda dos conceitos subjacentes, confrontando as resoluções desenvolvidas com as soluções fornecidas pelo ChatGPT. Não se trata apenas de um sistema de tutorial e correção ou aprendizagem personalizada, mas sim do modo pelo qual os estudantes podem aprimorar sua forma de pensar na resolução de problemas em Matemática e como novas habilidades podem ser desenvolvidas nesse processo.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo identificar e analisar as características observáveis no processo de resolução de problemas envolvendo escalas lineares, superficiais e volumétricas com o uso da ferramenta de Inteligência Artificial ChatGPT, no contexto formativo matemático. Ao mesmo tempo, propomos a oferecer uma análise das características observáveis nesse processo formativo, enriquecendo assim o campo do conhecimento sobre a Educação Matemática e suas aplicações práticas com o uso de IAs no Ensino Médio. A pesquisa foi realizada no laboratório de inovações do IF-X, com a participação de 15 estudantes do Ensino Médio, durante as aulas de escalas envolvendo resolução de problemas práticos e contextuais. Para análise de dados, utilizamos o método da Triangulação de Dados, que combina informações de vídeos, observações, entrevistas e ferramentas computacionais à análise de dados à luz da perspectiva teórica do Pensamento Computacional. Com base nessas informações introdutórias, avançamos à próxima seção a fim de conhecer melhor esse contexto.

2 Inteligência Artificial como Ferramenta de Aprendizagem de Matemática

É inegável o uso crescente das Inteligências Artificiais (IAs) pelos estudantes da Educação Básica (OpenAI, 2024). A questão que se coloca não é se devemos proibir ou não seu uso, mas sim como podemos aproveitá-las da melhor forma no contexto da aprendizagem, especialmente no ensino da Matemática. A introdução de uma nova tecnologia digital, assim como ocorreu com o uso de calculadoras, demanda uma abordagem crítica e cuidadosa sobre as possibilidades de desenvolvimento de novas habilidades, especialmente no âmbito da Matemática, visando aproveitar ao máximo o potencial que essa ferramenta tem a oferecer no processo de aprendizagem. Nesse sentido, apesar das diversas oportunidades que as IAs, em particular o ChatGPT, podem oferecer como ferramentas — ou até mesmo como uma transformação, indo além do mero recurso tecnológico — no processo de aprendizagem, é necessário considerar seu papel.

Diferentemente de utilizar o ChatGPT para simplesmente copiar e colar respostas bem elaboradas de questões sobre os modelos escalares (lineares, superficiais e volumétricas), uma das propostas é utilizar a ferramenta como um recurso para comparar soluções, resolver problemas, otimizar o tempo, verificar outros caminhos resolutivos, corrigir erros e até mesmo aprofundar a compreensão do tema com situações mais complexas. Compreendemos que, embora a ferramenta de IA ChatGPT possa se configurar como uma ferramenta de aprendizagem em si mesma, o contexto, aqui, em particular, a enxerga como uma possibilidade auxiliar na compreensão parte-todo e parte-parte de um processo de resolução de problemas envolvendo escalas de forma responsável, reconhecendo suas devidas limitações e potencialidades na sala de aula.

Destacamos que o trabalho pedagógico com os três modelos de escalas constitui um objeto de estudo relevante na formação dos estudantes do Ensino Médio com o uso do ChatGPT, cuja importância se justifica pela própria prerrogativa atual dessa iniciativa investigativa. Vale ressaltar que as escalas lineares, por sua vez, desempenham um papel fundamental em uma variedade de contextos do mundo real, desde o planejamento urbano até a navegação por Global Positioning System (GPS) (Sistema de Posicionamento Global, em português). No caso dos GPS, por exemplo, as distâncias são representadas em escalas lineares para facilitar a navegação e calcular rotas com precisão.

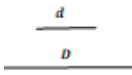
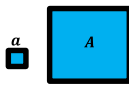
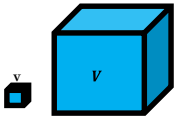
Da mesma forma, em mapas e cartas geográficas, as escalas lineares são utilizadas para representar distâncias reais em uma escala reduzida, permitindo aos usuários estimar facilmente a distância entre dois pontos. Nas plantas baixas de casas e edifícios, as dimensões também são representadas em escala superficiais (áreas), permitindo aos arquitetos e engenheiros visualizar o layout de uma estrutura antes mesmo de ser construída. Isso facilita o planejamento e a tomada de

decisões durante o processo de design e projetos envoltos à Engenharia Civil e Arquitetura.

Da mesma forma, as escalas volumétricas também desempenham um papel importante em diversos aspectos da vida cotidiana. Por exemplo, em maquetes arquitetônicas, tanques de armazenamento, reservatórios de água, as escalas volumétricas são usadas para representar proporções de

tamanho tridimensional entre a maquete e o edifício real. Isso permite aos arquitetos e designers visualizarem o projeto em uma escala reduzida, facilitando o entendimento do layout e da distribuição dos espaços. A fim de contextualizar melhor, especialmente o conhecimento de Matemática deste estudo, apresentamos ade forma sucinta os três modelos de escalas no Quadro 1.

Quadro 1 - Escalas lineares, superficiais e volumétricas: contextos e aplicações

| Escalas | Definições | Fórmulas | Dimensões | Exemplos |
|--------------|--|---------------------|--|---|
| Lineares | Relação entre as distâncias representadas no desenho (d) (mapas, figuras, etc.) e distâncias reais (D) | $A = \frac{d}{D}$ |  | Se a escala é 1:100, isso significa que 1 unidade no desenho representa 100 unidades na realidade. |
| Superficiais | Relação entre as áreas representadas em desenho (a) (e.g., planta baixa, regiões) e áreas reais (A). | $E^2 = \frac{a}{A}$ |  | Se a escala é 1:1000, isso significa que 1 unidade de área no desenho representa 1.000 unidades de área na realidade. |
| Volumétricas | Relação entre os volumes representados no desenho (v) (caixa d'água, maquete, sólidos geométricos, etc.) e volume da realidade (V) | $E^3 = \frac{v}{V}$ |  | Se a escala é 1:1.000.000, isso significa que 1 unidade cúbica no desenho representa 1.000.000 de unidades cúbicas na realidade |

Fonte: dados da pesquisa.

Conforme apresentado no Quadro 1, é possível verificar as diversas aplicações das escalas e o papel delas no contexto de aprendizagem da Matemática no Ensino Médio. No entanto, ponderamos que ao permitir que os estudantes interajam com as escalas (linear, superficial e volumétrica), em conjunto com a inteligência artificial (IA), buscamos oferecer aos alunos uma oportunidade para aprimorar suas habilidades de pensamento crítico e metacognição (Papert, 2008). Quando o Chat GPT fornece uma solução incorreta, os estudantes podem ser desafiados a identificar e corrigir o erro, promovendo uma maior reflexão sobre o processo resolutivo. Por outro lado, quando a IA fornece uma solução correta, os estudantes podem revisar seu próprio processo resolutivo, compará-lo com a solução gerada pela IA e até mesmo explorar diferentes abordagens para resolver problemas similares, tendo o professor como mediador do processo de Formação em Matemática (Azevedo, 2022; Azevedo & Maltempi, 2019, 2023; Papert, 2008). Ao integrar o Chat GPT nas aulas de matemática, aqui, em especial, com uso de escalas lineares, superficiais e volumétricas, com objetivos bem estabelecidos, os alunos têm a oportunidade de desenvolver habilidades de comunicação oral e escrita, identificação de padrões de recorrência, e colaboração, articulando suas dúvidas, impasses, raciocínios, diálogos e conclusões de forma clara e precisa.

3 Lente Teórica que subsidia a Pesquisa

Nesta seção, direcionamos nossa atenção para a resolução de problemas envolvendo escalas com o uso da IA ChatGPT no contexto de Formação em Matemática do Ensino Médio.

O Pensamento Computacional pode ser visto como um modo de forjar ideias como pensador intelectualmente inventivo (Papert, 1996). A autora Wing (2011, p.1) corrobora esse entendimento e situa o Pensamento Computacional “na formulação de problemas e suas soluções para que elas sejam representadas de forma que possam ser efetivamente realizadas e aplicadas em situações reais”, desmistificando a ideia de que Pensamento Computacional se limita à capacidade de manusear computadores ou executar algoritmos.

A Internacional Society for Technology in Education (ISTE, 2014) definiu o Pensamento Computacional como um processo de resolução de problemas que envolve ações estratégicas e atitudes fundamentadas em habilidades específicas. Essas habilidades incluem a capacidade de formular problemas e usar ferramentas tecnológicas, representar dados e criar simulações, generalizar processos e automatizar soluções por meio do pensamento processual. Para Resnick (2017), o Pensamento Computacional está intrinsecamente ligado ao desenvolvimento de capacidades criativas, favorecendo a resolução de problemas de forma lógica e não necessariamente convencional.

Tal capacidade não está restrita ao campo da Ciência da Computação, mas se estende para outras áreas do conhecimento, como no processo de Aprendizagem da Matemática. Com efeito, embora haja várias definições do Pensamento Computacional, que atribuem significados próprios, há um consenso de que ele poderia vir a ser reconhecido como capacidade de gerar ideias e transformá-las em um processo sistemático no qual se constrói soluções para resolver problemas encaminhados, não necessariamente

derivados da ciência da Computação, mas aplicáveis em qualquer domínio do conhecimento à sociedade (Azevedo, 2022, Barba, 2016, Papert, 2008).

Nesse contexto, percebemos que o Pensamento Computacional se baseia na premissa de capacitar os alunos para: (i) coordenar e construir novos conhecimentos, explorando diferentes abordagens de aprendizagem em um determinado domínio, com ou sem o auxílio de tecnologias computacionais; (ii) desenvolver habilidades de resolução de problemas, como análise, decomposição, abstração e depuração; (iii) identificar padrões; (iv) refletir sobre diferentes estratégias resolutivas; e (v) conceber e propor soluções para problemas reais enfrentados pela sociedade (Azevedo, 2022).

Nesse íterim, entendemos o Pensamento Computacional como uma ferramenta pedagógica que possibilita aos estudantes coordenarem a construção do conhecimento, desenvolverem habilidades em IA tanto em Matemática quanto em Computação, e conceberem soluções de maneira autônoma e intelectual ao longo da aprendizagem sobre o tema das escalas (lineares, superficiais e volumétricas). Partindo desse enfoque teórico, o qual enriquece a compreensão da aplicação da ferramenta IA na resolução de problemas relacionados a escalas, no contexto da Formação em Matemática do Ensino Médio, avançamos à próxima seção, uma descrição detalhada da metodologia desta pesquisa.

3.1 Percurso metodológico

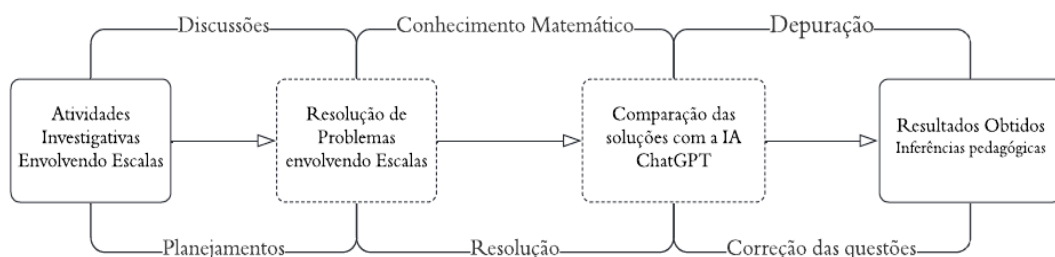
Para identificar e analisar as características observáveis no processo de resolução de problemas envolvendo escalas lineares, superficiais e volumétricas com o uso da ferramenta de IA ChatGPT, no contexto da Formação em Matemática,

adotamos o design de qualitativa de pesquisa (Bogdan & Biklen, 1994). Nosso foco está na compreensão dos significados (Goldenberg, 2004) ao integrar o conhecimento matemático por meio da resolução de problemas em Matemática tendo como ferramenta de aprendizagem a IA ChatGPT. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Inovações Criativo-Tecnológicas do Instituto Federal - Goiano durante o primeiro bimestre de 2024, contando com a participação de 15 estudantes do Ensino Médio. As atividades foram estruturadas com o intuito de fomentar a investigação matemática, promover a criatividade e estimular a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem de Matemática.

As atividades foram distribuídas ao longo de cinco encontros, cada um com duração de três horas. Para viabilizar essas atividades, foram utilizados diversos recursos midiáticos e materiais, incluindo o GeoGebra, simuladores, régua, escalímetros, malha quadriculada e a IA ChatGPT. Além disso, foram trabalhados problemas contextualizados e problematizados sobre escalas, extraídos do banco de dados do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). Esses problemas foram utilizados de base para analisar, medir, relacionar e comparar resoluções de escalas lineares, superficiais e volumétricas.

Considerando o escopo deste artigo, nossa abordagem metodológica concentra-se na análise da resolução de problemas no contexto de formação, comparando as respostas fornecidas pela IA com aquelas elaboradas pelos estudantes em um ambiente de aprendizagem investigativa e dialogada. Investigamos suas abordagens, resoluções e argumentações matemáticas, tendo como foco central o objeto desta investigação. Na Figura 1 apresentamos um fluxograma que sintetiza as principais etapas do projeto.

Figura 1 - Síntese das principais etapas de desenvolvimento do Projeto



Fonte: os autores.

Conforme apresentado no Fluxograma 1, os estudantes foram envolvidos em atividades investigativas que incorporaram o emprego de materiais tangíveis e softwares para abordar problemas relativos a escalas, por meio de situações-problema contextualizadas e problematizadas. Inicialmente, diversas situações-problema matemáticas foram exploradas, englobando fases de planejamento, discussões, aplicação de conhecimentos e múltiplas abordagens para a resolução de problemas. Em uma etapa subsequente, os alunos foram agrupados em trios e encorajados a selecionar três problemas previamente abordados em sala de aula,

contemplando um relacionado à escala linear, outro à escala superficial e o terceiro à escala volumétrica.

Os grupos foram incumbidos de comparar e refletir sobre as soluções previamente desenvolvidas em sala de aula, mediadas pelo professor-pesquisador, com as respostas geradas pela IA ChatGPT. Na eventualidade de as respostas fornecidas pela IA ChatGPT estarem corretas e apresentarem diferentes abordagens de resolução, os grupos de estudantes foram estimulados a analisar e compartilhar possíveis novas estratégias resolutivas com a turma, promovendo a análise de diversas perspectivas e contribuindo com novos paradigmas

de pensamento e métodos resolutivos.

Por outro lado, caso as respostas geradas pela IA se mostrassem incompletas, incoerentes ou incorretas, os grupos deveriam examinar os passos da resolução e intercambiar ideias para identificar o erro, efetuando depurações e correções apropriadas, assimilando o erro como um aliado no processo de aprendizagem em Matemática. Para referência e organização desses projetos de cada grupo, denominaremos os referidos como G_1 a G_5 . Para registrar os dados da pesquisa, foram empregados instrumentos estratégicos, tais como o diário de campo do pesquisador, fotografias, relatórios e entrevistas abertas com os estudantes ao longo do processo.

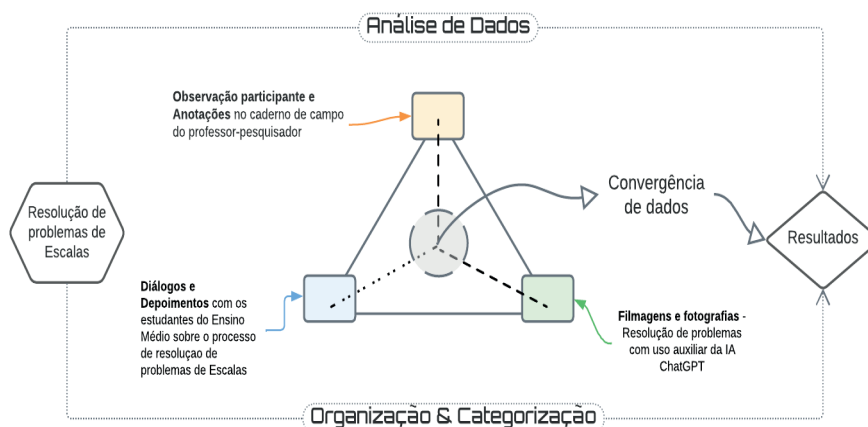
A organização e análise dos dados desta pesquisa seguem uma abordagem sequencial, embasada no aporte teórico estabelecido, dividida em duas principais seções analíticas: Seção 5A e Seção 5B. Na Seção 5A, apresentamos os dados da pesquisa, descrevendo os 15 problemas escolhidos ou adaptados pelos grupos de estudantes, bem como suas respectivas resoluções pessoais e as respostas retornadas pela IA ChatGPT.

Para evitar repetições na análise, optamos por destacar com veemência os cinco problemas ($P_1 - P_5$) de diferentes dimensões na discussão analítica, garantindo a objetividade

desta investigação. A partir da pré-análise dos dados tabulados, filtramos e focamos nossa atenção nos aspectos diretamente relacionados ao objeto desta pesquisa. Na Seção 5B, continuamos a análise dos dados, apresentando os padrões identificados e discutindo os resultados obtidos. Os dados foram categorizados em códigos e, posteriormente, inferimos resultados consistentes para o objetivo desta investigação.

Os dados provenientes foram sistematizados por meio de descrições e interpretações analíticas detalhadas à luz da teoria estabelecida. A sinergia entre múltiplos registros convergentes, dentro de uma abordagem qualitativa, é conceituada como Triangulação de Dados da pesquisa. Esse método, segundo Denzin & Lincoln (2000), não se trata apenas de uma estratégia de validação, mas sim de uma alternativa que enriquece a análise e a credibilidade dos dados. Ele acrescenta rigor, abrangência, complexidade e profundidade à pesquisa. Contrariamente à ideia de validação, Flick (1998) enfatiza que a Triangulação de Dados oferece uma perspectiva mais ampla e profunda dos resultados, destacando sua contribuição para a compreensão e interpretação dos fenômenos estudados. Através dessa abordagem, é possível descrever, analisar, comparar e inferir resultados de forma mais robusta e abrangente (Yin, 2016).

Figura 2 - Organização dos dados – inspirado no método de triangulação de dados



Fonte: o autor.

Conforme indicado no fluxograma da Figura 2, a análise dos dados da pesquisa se concentrou no processo de resolução de problemas envolvendo escalas e comparações sucessivas com resoluções automatizadas pela IA. Essa análise envolveu a busca por evidências, contextos e características, bem como a identificação de padrões e aspectos relevantes (Bogdan & Biklen, 1994). Durante essa fase, corrigimos as mensagens dos diálogos entre os participantes da pesquisa, mantendo a integridade semântica original.

É importante destacar que, para compreender melhor as percepções dos estudantes no contexto de aprendizagem, conduzimos entrevistas abertas após a conclusão do processo de criação. Elaboramos perguntas, visando aprofundar suas compreensões e garantir a relevância das entrevistas para

os objetivos propostos. Essas perguntas norteadoras foram formuladas de maneira a conduzir os participantes a refletir sobre aspectos específicos do processo, abordando temas como a ênfase em determinados procedimentos de escalas, estratégias empregadas na resolução dos problemas com a IA ChatGPT, manejo de desafios matemáticos e atribuição de significados à experiência.

Para a apresentação e análise de dados, foram selecionados excertos das discussões ocorridas nos encontros, sendo identificados os trechos provenientes da transcrição das falas dos participantes através do uso do símbolo . Utilizamos também o símbolo para indicar a omissão de diálogos, fornecendo contexto e sentido às argumentações, reflexões e resoluções matemáticas registradas durante a pesquisa. Com

base nessas informações descritivas, avançamos para a seção analítica desta investigação.

4 Resultados e Discussão

Inicialmente, categorizamos os 15 problemas distintos do ENEM, selecionados e adaptados pelos grupos de estudantes (G_1 ao G_5). No Quadro 2, sintetizamos os problemas de Matemática em relação às resoluções apresentadas pelos estudantes e as respostas obtidas pela IA ChatGPT, com 5 problemas (P_1 - P_5) de cada dimensão: linear, superficial e volumétrica. Ressaltamos que o número de acertos e erros está representado por números binários, sendo 1 para acertos e 0 para erros. As duas últimas colunas apresentam as taxas percentuais de acertos e erros identificados em relação a cada grupo.

Quadro 2 - Panorama Estatístico – análise dos estudantes em relação a resolução da IA

| Grupos | Escala Linear | Escala Superficial | Escala Volumétrica | Acertos % | Erros % |
|--------|---------------|--------------------|--------------------|-----------|---------|
| G_1 | 1 | 1 | 0 | 66,6 | 33,4 |
| G_2 | 1 | 0 | 0 | 33,4 | 66,6 |
| G_3 | 1 | 1 | 0 | 66,6 | 33,4 |
| G_4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 |
| G_5 | 0 | 1 | 0 | 33,4 | 66,4 |

Fonte: dados da pesquisa.

Com base nos dados apresentados no Quadro 2,

constatamos que os problemas submetidos pelos estudantes e posteriormente analisados com o ChatGPT resultaram em uma taxa de acerto variada. Entre todos os problemas discutidos, as escalas lineares e superficiais se destacaram com a maior taxa de acerto, atingindo 66,4% cada uma, em relação aos cinco grupos de estudantes. Por outro lado, a escala volumétrica registrou a menor taxa de acerto, apresentando nulidade em todas as questões discutidas com o ChatGPT. Ressaltamos que os prompts (comandos) fornecidos pelos estudantes foram testados de várias formas e modelos, incluindo instruções como “resolva”, “calcule”, “explique” e “argamente”, além de diferentes formulações dos problemas e comandos.

Ponderamos que a ideia dessa categorização não é simplesmente saber o quão eficiente é a máquina para fornecer soluções imediatas e automatizadas de Matemática, mas, sim, a partir dos resultados, incentivar a análise e a argumentação dos estudantes tanto em relação ao acerto, quanto ao erro. Dadas as restrições do escopo deste artigo, não é possível apresentar todas as respostas geradas pela IA ChatGPT, nem as soluções desenvolvidas de forma investigativa em sala de aula no contexto de Formação em Matemática. Por conseguinte, a título de contextualização e exemplificação, será fornecida 1 ou 2 resoluções para cada Escala: uma elaborada pelos grupos de estudantes e outra pela IA, tendo como princípio norteador o objetivo estabelecido neste estudo.

Ilustração 1A: Problema de Escala Linear: Resolução pelo G_1 e IA ChatGPT

| | |
|--|------------------------------------|
| <p>Problema P_1 (Linear): Um motorista partiu da cidade A em direção à cidade B por meio de uma rodovia retilínea localizada em uma planície. Lá chegando, ele percebeu que a distância percorrida nesse trecho foi de 25 Km. Ao consultar um mapa com o auxílio de uma régua, ele verificou que a distância entre essas duas cidades, nesse mapa, era de 5 cm. A escala desse mapa é:</p> | |
| <p>Resolução – G_1</p> | <p>Resolução IA ChatGPT</p> |

Fonte: dados da pesquisa.

Na Ilustração 1, é possível observar a resolução elaborada pelo G_1 , juntamente com a solução fornecida pela IA Chat GPT. O grupo expõe sua argumentação e reflexão em relação ao processo de resolução: “ao analisarmos a resposta do Chat GPT, constatamos que a sua resposta está correta. Embora sua abordagem não seja idêntica à nossa, desenvolvida e aprendida durante o projeto...”. O grupo também acrescentou que “Pensamos sobre a abordagem inversa [referente à fórmula - desenho/realidade com realidade/desenho] na expressão da solução retornada pelo Chat... foi uma forma diferente de resolver a questão...”. Outro estudante expressou

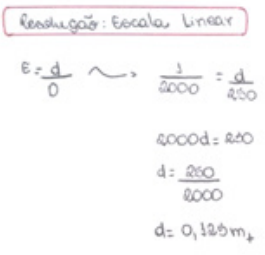


“Fizemos uma abordagem parecida ao chat, mas apresentamos a organização e resolução do problema detalhada, precisamos analisar com calma, fizemos a divisão e as conversões necessárias lineares”. Por fim, um dos estudantes expressou: “(...) é um problema que, embora seja direto, nos fez refletir sobre como medir com a régua e associar a distância real apresentada (...) em comparação com a IA, conseguimos detalhar mais a resolução e associar as ideias”.

Ressaltamos que o G_1 refletiu sobre como a IA resolveu o problema, encontrando paralelos com seu próprio método. Os estudantes exploraram dois modos de abordagem: o

prático-simplificado, que foca na solução de forma direta e simplificada, e o prático-detalhado, que envolve uma análise mais detalhada do problema (e.g., conversão). Durante essa reflexão, os estudantes também discutiram a comparação de medidas utilizando uma régua hipotética e relacionaram isso com a distância real entre duas cidades. Essas habilidades de análise, reflexão e associação, dentro do contexto do Pensamento Computacional, não apenas ajudam os estudantes

a desenvolver estratégias de resolução e aplicá-las de forma direta e simplificada, mas também a considerar métodos similares de resolução e potenciais ferramentas que podem facilitar a compreensão de conceitos de forma processual e detalhada (Barba, 2016, Wing, 2011). Além desses aspectos, destacamos também a abordagem adotada pelo G₄ e a reflexão estabelecida com a IA após a obtenção de uma resposta incorreta, conforme Ilustração 1B:

Ilustração 1B: Problema de Escala Linear: Resolução pelo G₁ e IA ChatGPT

| Problema P ₂ (Linear): Uma associação desportiva contratou uma empresa especializada para construir um campo de futebol, em formato retangular, com 250 metros de perímetro. Foi elaborada uma planta para esse campo na escala 1 : 2000. Na planta, a medida do perímetro do campo de futebol, em metro, é: | Resolução – G ₄ | IA: resolução errada | IA: Resolução correta |
|---|---|---|---|
| |  |  |  |

Fonte: dados da pesquisa.

Ao identificar o erro na resolução do ChatGPT, o G₄ questiona o valor fornecido, argumentando que o valor informado (5.00.000 m) não se justifica dentro do contexto do problema. O grupo analisa a situação, identifica o erro e, a partir dele, corrige o ChatGPT, que prontamente revisa o problema, apresentando a solução correta. Este episódio também foi debatido pelos estudantes, como evidenciado nos excertos a seguir: Um dos estudantes ponderou: “Acho que precisamos ter cuidado... nem tudo está certo... esquecemos de converter as unidades certas e considerar a proporção”. Logo depois, outra estudante disse: “Percebi que o erro do chat nos fez repensar [depuração]... como calcular 250 metros por 2000 metros”. Outra estudante refletiu: “Primeiro lemos e entendemos... depois fomos revisando cada passo da solução e vimos onde a lógica matemática falhou... [identificar inconsistências]”. E por último, um estudante observou: “ao ver o resultado... revisei todos os cálculos, passo a passo, para justificar. Ufa! Estava correto... [identificação do erro no chat], conseguimos ver o erro e resolver”.

Ao confrontar e corrigir o erro identificado no ChatGPT, os estudantes demonstram um processo reflexivo e metódico. Primeiramente, eles destacam a importância da atenção aos detalhes e da precisão na conversão de unidades e na consideração de proporções, evidenciando um pensamento crítico que busca evitar falhas desde a fase inicial da resolução do problema. Em seguida, ao discutir sobre a depuração do erro, os estudantes revelam uma capacidade de análise sistemática e reflexiva, questionando não apenas os resultados, mas também os processos subjacentes que levaram ao equívoco inicial da resolução. Ponderamos que, conforme Papert (2008), esse tipo de abordagem não apenas permite a identificação precisa de

onde a lógica falhou, mas também fomenta uma compreensão depurativa das ideias matemáticas envolvidas.

Um dos momentos que nos chama a atenção durante a resolução desse Problema 2 é quando um dos estudantes relata: “não me lembrava do que era perímetro, não associei a ideia de comprimento e acabei recalculando a rota, porque usei a ideia de duas dimensões e escala de área. Daí, precisei corrigir... vi isso com o resultado da IA e pensei sobre minha resolução”. Observamos que uma das características distintivas desse processo é a maneira com a qual os estudantes refletem sobre seu próprio pensamento, um processo conhecido como metacognição (Azevedo, 2022), possibilitado pelo confronto entre suas iniciais e os resultados obtidos por meio da IA. Esse confronto os leva a desenvolver novas estratégias para a solução do problema, o que pode ampliar a compreensão lógico-analítica de um determinado conceito, procedimento ou resolução.

No entanto, ponderamos que pensar sobre o próprio pensamento não se resume a uma simples reflexão isolada e arbitrária sobre um fenômeno específico, aqui, sobre Escala Linear com o uso de processos resolutivos gerados pela IA, como se as questões fossem independentes e as estratégias desprovidas de uma finalidade específica. Para pensar sobre o próprio pensamento (processo de Metacognição), é necessário que “[...] o aluno compreenda o processo e se envolva em uma exploração sobre como ele mesmo pensa [no contexto de aprendizagem], aprimorando ideias, corrigindo erros e obtendo resultados satisfatórios” (Papert, 1985, p.35). Promover espaços nos quais os estudantes possam pensar, explorar e refletir sobre suas resoluções matemáticas também é evidenciado nos problemas de Escala Superficial, conforme apresentado na Ilustração 2A.

Ilustração 2A: Escala Superficial: Resolução pelo G₁ e IA ChatGPT

| <p>Problema P₃ (Superficial): No centro de uma praça será construída uma estátua que ocupará um terreno quadrado com área de 9 m². O executor da obra percebeu que a escala do desenho na planta baixa do projeto é de 1:25. Na planta baixa, a área da figura que representa esse terreno em centímetro quadrado é:</p> | |
|---|----------------------|
| Resolução – G ₃ | Resolução IA ChatGPT |
| | |

Fonte: dados da pesquisa.

Na ilustração 2A, à esquerda, é possível observar a organização da resolução do problema realizada pelo G₃, que envolve as devidas transformações de unidades de áreas, bem como a aplicação dos princípios proporcionais. À direita, apresentamos a resolução apresentada pela IA. Os estudantes apresentaram suas percepções em relação à resolução de forma processual: “ao ler e interpretar o passo a passo do Chat, [observamos] que ele apenas inverteu o numerador pelo denominador, realizando os ajustes necessários para alcançar o valor correto no final... Ficou correto, aqui”. Outro membro do grupo acrescenta: “o Chat GPT realizou as conversões necessárias e calculou corretamente a escala superficial, chegando ao mesmo resultado que nós, mas... não vimos diferenças [significativas] aqui”. Por fim, uma estudante pondera sobre a forma de revisão de conceitos: “as partes do algoritmo [IA] me auxiliaram a ver as conversões de medidas... não me limitei apenas analisar os valores da proporção, mas tentei recordar as transformações e compreendê-las... Isso acabou me ajudando de alguma forma”.

Observamos que o grupo realiza reflexões sobre a resolução do problema, envolvendo revisões e análises de procedimentos matemáticos de maneira lógica e processual, adjacente ao uso de IA. Durante esse processo, os estudantes se concentram no processo de resolução, não apenas na resposta final, evidenciando tanto a parte específica dos cálculos quanto a compreensão geral do problema, conforme exemplificado nos excertos a seguir: “entendi a ideia geral...

o que o problema estava pedindo... Daí, fui organizar as informações [etapa 1], depois estabeleci uma estratégia [etapa 2] e vi que precisava fazer as conversões e resolver a proporção [etapa3]” Outra estudante também comenta: “antes de resolver essas conversões, esqueci de aplicar o quadrado da escala 1:25 [auxílio da IA], porque era para lidar com a superfície”.

Nesse contexto, à luz do Pensamento Computacional, organizar as informações do problema, estabelecer uma estratégia de resolução e compreender a relação parte-todo e todo-parte durante o processo de reflexão e revisão das etapas análogas de resolução de problemas matemáticos (com o auxílio da IA) transcendem a mera repetição de ideias. Isso proporciona oportunidades valiosas para os estudantes na depuração de estratégias resolutivas e no desenvolvimento de conhecimentos matemáticos (Resnick, 2017, Azevedo, 2022, Azevedo & Araújo, 2024, Azevedo & Maltempi, 2021, 2022, 2023,).

Neste íterim, simplesmente prescrever como os estudantes devem resolver problemas e testar a IA (por exemplo, ChatGPT e escalas específicas) não é suficiente; é fundamental provocar, incentivar e apoiar o engajamento, a criatividade e a reflexão dos estudantes, incentivando-os a compreender e resolver problemas com ou sem o auxílio da IA. A respeito disso, o G₂ reforça esses aspectos reflexivos em sala de aula e, ao mesmo tempo, destaca outros aspectos formativos de Matemática os quais envolvem a depuração.

Ilustração 2B: Problema de Escala Superficial: Resolução pelo G₁ e IA ChatGPT

| <p>Problema P₄ (Superficial): Considerando que a planta baixa retangular (A) possui dimensões de 3cm x 6cm e que a área retangular na realidade é de 1800 m², qual é a escala numérica da planta?</p> | |
|--|----------------------|
| Resolução – G ₂ | Resolução IA ChatGPT |
| <p>Utilizamos a Fórmula da Escala superficial $E^2 = \frac{a}{A}$</p> <p>Achamos a área da figura: $6 \times 3 = 18\text{cm}^2$ e convertimos 1.800m^2 para cm^2, achando $18.000.000\text{cm}^2$.</p> $E^2 = \frac{18}{18.000.000}$ <p>Simplificamos o numerador e denominador por 18 e tiramos a raiz quadrada.</p> $\sqrt{E} = \sqrt{\frac{1}{1.000.000}}$ $E = \frac{1}{1.000}$ | |

Fonte: dados da pesquisa.

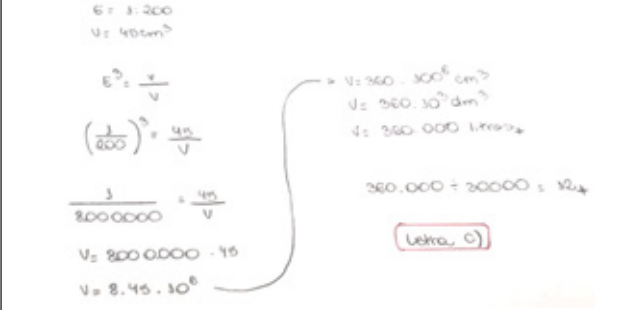
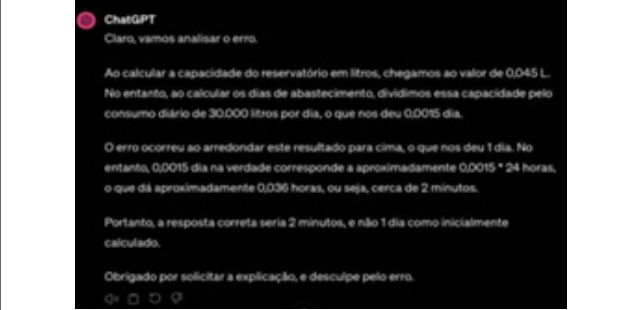
O G₂ decidiu apresentar o relatório final das questões e apresentá-lo à turma por meio da formação digital da resolução, conforme evidenciado na Ilustração 2B. Conforme excertos extraídos das falas dos estudantes: “O nosso grupo analisou e percebeu que o ChatGPT errou, mas por um pequeno detalhe na conversão de metros quadrados para centímetros quadrados. Ele multiplicou apenas uma vez por 100, o que transformou metros quadrados em decímetros quadrados”. Outro estudante complementa: “(...) O correto seria multiplicar 2 vezes por 100, ou fazer diretamente que seria $(100)^2 = 10.000$. Daí, ele acharia 18.000.000 cm²”. Outro estudante relata: “mesmo sabendo a lógica da escala superficial, ainda tinha dificuldade na operação inversa da potenciação [radiciação]. Estava com dificuldade para resolver essa questão em especial na operação inversa... fui pedindo passo a passo para o Chat e encontrei a solução...”.

O estudante também acrescenta: “conversei com meu grupo e resolvemos juntos sobre as etapas, demorei um pouco analisar cada item... precisamos voltar e corrigir a raiz quadrada de um número fracionário (...) para fazer sentido, extraímos a raiz de cima [numerador] e de baixo [denominador]”. Neste caso, à luz do Pensamento Computacional, a busca pelo

significado de conceitos procedimentos matemáticos, tanto individualmente quanto de forma coletiva, durante a resolução do algoritmo da escala superficial, envolvendo raiz quadrada de número fracionário, revela-se como um processo dinâmico e não-linear (Azevedo, 2022). Este processo é caracterizado por idas e vindas de ideias, não necessariamente seguindo uma trajetória de compreensão direta e rápida.

Ponderamos que esse contexto pode favorecer situações desencadeadoras nas quais os estudantes possam questionar, levantar hipóteses e saber refutá-las, bem como compreender as etapas, analisar os avanços e retrocessos, e estabelecer a busca de significados junto à IA, em conjunto com os colegas, por meio de discussões compartilhadas. O que se torna importante nesse contexto formativo é “incentivar os estudantes [a desenvolver]: curiosidade sobre ciência, capacidade de se envolver; tenacidade para resolver problemas; persistência para fazer, aprender e [solucionar por caminhos próprios e coletivos]” (Resnick, 2017, p.51-52). Por último, procedemos à análise das soluções elaboradas pelos estudantes em relação à escala Volumétrica. Um exemplo desse tipo de problema pode ser observado na Ilustração 3A:

Ilustração 3A: Problema de Escala Volumétrica: Resolução pelo G₁ e IA ChatGPT

| <p>Problema P₅ (Volumétrica): Comum em lançamentos de empreendimentos imobiliários, as maquetes de condomínios funcionam como uma ótima ferramenta de marketing para as construtoras, pois, além de encantar clientes, auxiliam de maneira significativa os corretores na negociação e venda de imóveis. Um condomínio está sendo lançado em um novo bairro de uma cidade. Na maquete projetada pela construtora, em escala de 1: 200, existe um reservatório de água com capacidade de 45 cm³. Quando todas as famílias estiverem residindo no condomínio, a estimativa é que, por dia, sejam consumidos 30.000 litros de água. Em uma eventual falta de água, o reservatório cheio será suficiente para abastecer o condomínio por quantos dias?</p> | |
|---|--|
| Resolução – G ₅ | Resolução IA ChatGPT |
|  <p> $E = 1:200$ $V = 45 \text{ cm}^3$ $E^3 = \frac{V}{V}$ $\left(\frac{1}{200}\right)^3 = \frac{45}{V}$ $\frac{1}{800000} = \frac{45}{V}$ $V = 8000000 \cdot 45$ $V = 3.60 \cdot 10^8$ $V = 360 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$ $V = 360 \cdot 10^3 \text{ dm}^3$ $V = 360 \cdot 1000 \text{ litros}$ $360.000 + 30000 = 12$ 12 min. </p> |  <p> ChatGPT Claro, vamos analisar o erro. Ao calcular a capacidade do reservatório em litros, chegamos ao valor de 0,045 L. No entanto, ao calcular os dias de abastecimento, dividimos essa capacidade pelo consumo diário de 30.000 litros por dia, o que nos deu 0,0015 dias. O erro ocorreu ao arredondar este resultado para cima, o que nos deu 1 dia. No entanto, 0,0015 dia na verdade corresponde a aproximadamente 0,0015 * 24 horas, o que dá aproximadamente 0,036 horas, ou seja, cerca de 2 minutos. Portanto, a resposta correta seria 2 minutos, e não 1 dia como inicialmente calculado. Obrigado por solicitar a explicação, e desculpe pelo erro. </p> |

Fonte: dados da pesquisa.

A IA não fornece resultados corretos dentre os cinco grupos participantes da pesquisa, evidenciando a necessidade de perguntas norteadoras para a obtenção de resultados satisfatórios. Na imagem à direita, apresentamos a resolução feita pela IA, enquanto à esquerda, destacamos a resolução do G₅. Este grupo utiliza ideias práticas à conversão do problema de escala. Por exemplo, ao considerar que 100⁶ cm³ equivale a 10³ dm³ e que 1 dm³ é equivalente a 1 litro, logo, 10³ dm³ corresponde a 10³ litros.

Percebemos que o processo de resolução não se limitou apenas ao acerto e erro; os estudantes tiveram que revisitar as operações de transformações métricas cúbicas das unidades de medidas com o professor, conforme excertos: “calculei o volume do cubo de aresta 1 dm; daí o volume é 1 dm³”,

outro estudante acrescenta: “recordei que 1 dm³ equivale a 1 litro, porque se colocarmos 1 litro de água, por exemplo, no cubo de 1 dm³ ou 1000 cm³”. Por fim, uma estudante reflete coletivamente parte do processo de resolução do problema: “ Fizemos os cálculos, recordando as ideias fundamentais com o professor..., mas identificamos muitos erros no Chat, tais como: não considerou a escala volumétrica, não realizou as conversões corretamente, não considerou a raiz cúbica e nem a conversão de volume para capacidade”. Observamos que o trabalho com a escala volumétrica exigiu mais dos grupos de alunos na resolução dos problemas, especialmente devido à necessidade de lidar com diversos tópicos matemáticos, como proporção, raiz cúbica, transformações de unidades, além da relação entre capacidade e volume.

No contexto da resolução do problema de escala volumétrica, a IA não conseguiu fornecer uma solução precisa, deixando lacunas significativas na abordagem. Diante disso, os estudantes se viram diante do desafio de identificar e corrigir os erros presentes na resolução proposta pela IA. Essa tarefa exigiu que os estudantes realizassem uma análise ativa e crítica do passo a passo fornecido pelo chat, buscando compreender e avaliar cada etapa do processo junto ao professor. Ao confrontarem as respostas do chat com seus conhecimentos prévios e as características do problema, os estudantes puderam perceber inconsistências, como a não consideração adequada da escala volumétrica.

Esse processo sublinha a importância do envolvimento ativo dos estudantes na resolução de problemas com IA durante o aprendizado de Matemática do Ensino Médio. É essencial que desenvolvam não apenas reflexão e questionamentos sobre as respostas geradas pela IA, mas também habilidades de argumentação, concisão e análise depurativa. Assim, não só corrigem erros, como também aprofundam sua compreensão dos conceitos matemáticos e aprimoram suas habilidades de estratégias e resolução.

Com base na análise, em diálogo com a fundamentação teórica do Pensamento Computacional, à luz do objetivo central

desta pesquisa, identificamos cinco principais características observáveis no processo de Formação em Matemática quando os estudantes desenvolvem situações-problema e utilizam a IA ChatGPT para aprimorar suas habilidades matemáticas. Tais características regulares refletem diretamente no processo de resolução e argumentação apresentada pelos estudantes ao desenvolverem estratégias e soluções nos problemas resolvidos pelos cinco grupos da pesquisa (G_1 - G_5).

Essas características incluem: 1) Comparação e Depuração, em que os estudantes comparam suas respostas com as da IA e depuram possíveis erros; 2) Análise e Reflexão, em que os alunos analisam suas estratégias

de resolução e refletem sobre as soluções propostas pelo ChatGPT; 3) Aprendizagem/Orientação, indicando que os alunos utilizam o ChatGPT como uma ferramenta auxiliar de aprendizagem e orientação na resolução de problemas; 4) Identificação de Problemas (des)semelhantes, mostrando que os alunos identificam problemas semelhantes e diferenciam entre eles durante o processo de resolução; 5) Argumentação Matemática, em que os estudantes justificam e fortalecem seus cálculos e estratégias. Para conhecer um pouco mais essas características identificadas na convergência dos dados desta pesquisa (Quadro 3).

Quadro 3 - Características Observáveis no Processo de resolução de problema com a IA

| Características | Descrições | Exemplos de recorrência |
|-----------------------------|---|---|
| Comparação Depuração | Os alunos comparam suas respostas com as da IA e depuram possíveis erros dos problemas resolvidos. | Ao comparar problemas de escala, o estudante verifica se sua resposta corresponde à resposta indicada pelo ChatGPT de forma não linear. |
| Análise Reflexão | Os alunos analisam suas estratégias de resolução e refletem de forma ativa sobre as soluções propostas pelo ChatGPT. | Ao resolver um problema de escala superficial, o aluno analisa sua abordagem de conversão de unidades e reflete sobre a resposta sugerida pelo ChatGPT. Pondera resultados e etapas resolutivas. |
| Aprendizagem Orientação | Os alunos utilizam o ChatGPT como uma ferramenta auxiliar de aprendizagem e orientação na resolução de problemas. | Ao enfrentar dificuldades na resolução de um problema de escala, o aluno recorre ao ChatGPT para orientação e aprendizado adicional quanto parte-parte e todo-parte de um problema. |
| Resolução (des) semelhantes | Os alunos identificam etapas resolutivas semelhantes e diferenciam entre elas durante o processo de desenvolvimento e identificação de padrões estratégicos. | Ao resolver diferentes problemas de escala, o aluno identifica padrões resolutivos e distinções entre eles, auxiliando na compreensão, reformulação, análise e aplicação de conceitos matemáticos. |
| Argumentação Matemática | Os alunos argumentam matematicamente sobre as etapas de resolução dos problemas de Escala, descrevendo a organização dos dados e comunicando impasses e estratégias e soluções. | Os estudantes descrevem, comunicam e justificam suas estratégias e soluções, empregando raciocínio lógico e linguagem matemática adequada. Realizam uma análise, examinando as implicações de suas escolhas, caminhos e etapas. |

Fonte: dados da pesquisa.

Conforme Quadro 3, identificamos regularidades descritivas e exemplos concretos de recorrência durante a produção e análise de dados. As características observadas no processo de Formação em Matemática atravessam as discussões, argumentos e resoluções apresentadas pelos cinco grupos (G_1 ao G_5) desta pesquisa ao utilizarem a IA ChatGPT para resolver problemas de escala linear, superficial e volumétrica de forma não linear. À luz do Pensamento Computacional (Papert, 2008; Barba, 2016; Resnick, 2017; Azevedo, 2002; Azevedo & Maltempi, 2019; 2020; 2022;

Azevedo & Araújo, 2024), entendemos que a característica de Comparação e Depuração se destaca pela importância da análise comparativa entre as resoluções dos estudantes e as da IA, permitindo a identificação e correção de erros, conforme evidenciado no processo resolutivo dos problemas (P_1 - P_5).

No entanto, ponderamos que essa comparação pode ser limitada pela falta de entendimento lógico das estratégias utilizadas pela IA, levando a correções incorretas ou mal fundamentadas. A segunda categoria desta pesquisa aponta para Análise-Reflexão, referindo-se à capacidade dos

estudantes de analisar criticamente suas estratégias e refletir sobre as soluções propostas pela IA. Conforme dados, o contexto é permeado por questões norteadoras que encorajam os cinco grupos a refletir sobre seus próprios erros, analisar possíveis estratégias resolutivas e ponderar os algoritmos propostos pela IA.

À luz do Pensamento Computacional, a Análise-reflexão evidencia como os alunos interpretam as respostas da IA e fazem inferências para aprimorar seu entendimento dos problemas. No entanto, essa interpretação-reflexiva pode ser desafiadora devido à natureza automatizada e padronizada das respostas do ChatGPT, que podem não capturar nuances ou contextos específicos do problema de forma adequada. Na terceira categoria, denominada Aprendizagem/Orientação, destaca-se a utilidade da IA ChatGPT como uma ferramenta de aprendizagem e orientação para os alunos durante o processo de resolução de problemas. Essa aprendizagem ocorre quando os estudantes param para estabelecer estratégias, comparar suas abordagens com as da IA, e aprender ou relembrar conceitos de conversões e resolução proporcional das escalas.

Essa aprendizagem ocorre de forma intencional, em um ambiente permeado por discussão coletiva e resoluções não lineares (Barba, 2026; Azevedo, 2022; Azevedo & Araújo, 2024). Porém, conforme os dados da pesquisa, observamos que essa orientação foi limitada pela capacidade da IA de fornecer explicações lógicas e compreensíveis, especialmente em problemas mais complexos ou abstratos, como na resolução de escalas volumétricas, em que os resultados fornecidos pela IA não foram satisfatórios.

Outra característica que emerge dos dados é a identificação de problemas (des)semelhantes, o que permitiu aos estudantes resolverem problemas por meio de estratégias análogas, usando problemas auxiliares para auxiliar na reflexão e no desenvolvimento de soluções para os problemas propostos. Nessa categoria, destacamos as ideias do Pensamento Computacional, como a identificação de padrões e a resolução de algoritmos similares, contribuindo para uma compreensão mais sistemática, não necessariamente linear ou direta, das ideias matemáticas subjacentes ao problema.

Ressaltamos que essa identificação pode ser dificultada pela falta de variedade nos exemplos fornecidos pela IA, que podem não abranger as nuances dos problemas reais enfrentados pelos alunos. A Argumentação Matemática se destaca como uma recorrência na exposição e na fala dos estudantes ao identificarem os erros ou acertos, estratégias e soluções dos problemas envolvendo escalas. Conforme Papert (2008), a argumentação matemática não apenas auxilia na verificação da correção das estratégias e soluções de um problema, mas também promove uma compreensão mais profunda dos conteúdos matemáticos relacionados ao problema em questão, especialmente quando os estudantes buscam justificar a lógica por trás da resolução. Isso contribui, à luz do Pensamento Computacional, para o desenvolvimento da capacidade de comunicar ideias.

Por fim, essas características demonstram como a integração da IA ChatGPT no processo de aprendizagem em Matemática pode enriquecer e aprimorar a abordagem dos estudantes do Ensino Médio ao desenvolvimento de estratégias e soluções para situações-problema. Por outro lado, também evidenciam as limitações, percalços e desafios associados ao uso dessa tecnologia potente, inegável e atual no contexto de Formação em Matemática, devido às possíveis incoerências interpretativas dos dados matemáticos.

5 Conclusão

Com base na análise realizada dos resultados obtidos (G_1 - G_5 , P_1 - P_5), o presente estudo identificou e examinou consistentemente as características preponderantes no processo de resolução de problemas abrangendo escalas lineares, superficiais e volumétricas, mediante a utilização da ferramenta de Inteligência Artificial ChatGPT, inserida no âmbito da Formação em Matemática. Dentre essas características, merecem destaque: Comparação e Depuração, Análise Crítico-Reflexiva, Aprendizagem e Orientação, Identificação de Problemas (des)semelhantes e Argumentação Matemática.

Os dados das análises e discussões destacam o desenvolvimento de habilidades fundamentais como o pensamento crítico, a reflexão analítica e a capacidade argumentativa, essenciais não apenas para resolver problemas matemáticos, mas também para a formação acadêmica dos estudantes. Contudo, é crucial considerar que o uso da Inteligência Artificial (IA) na Formação em Matemática requer uma abordagem cuidadosa e a definição precisa de objetivos de aprendizagem, para evitar a superficialidade, a reprodução automática ou a alienação do processo educacional.

Portanto, é imperativo não depender exclusivamente de respostas automatizadas, mas sim incentivar uma análise reflexiva por parte dos estudantes ao interpretar e argumentar sobre os problemas. Ponderamos que a IA já se estabeleceu como uma realidade incontestável em nosso mundo, exigindo, portanto, uma abordagem criteriosa não apenas sob o ponto de vista legal, mas também sob aspectos políticos, pedagógicos e sociais ao empregar essa tecnologia na formação em Matemática. O objetivo deve ser o aprimoramento do tempo de aprendizagem, o fomento de uma compreensão abrangente dos problemas matemáticos e o estímulo à argumentação e à criatividade dos estudantes.

Embora a pesquisa tenha se concentrado na formação de estudantes do Ensino Médio, é essencial ampliar as discussões sobre o tema, incluindo a formação de professores. A IA é uma realidade em constante evolução, cujo impacto no desenvolvimento de habilidades matemáticas e outras áreas do conhecimento é inegável. É fundamental explorar o potencial da IA para potencializar a aprendizagem, reconhecendo que esse é um caminho sem retorno, mas repleto de oportunidades.

Referências

- Azevedo, G.T. (2022). Processo formativo em Matemática: invenções robóticas para o Parkinson (Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro).
- Azevedo, G.T., & Araújo, U.F. (2024). Desenvolvimento científico-robótico no âmbito da formação em matemática: Pensamento computacional e relevância social. *Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, 14(1), 1-17. <https://doi.org/10.37001/ripem.v14i1.3706>
- Azevedo, G.T., & Maltempi, M.V. (2021). Invenções robóticas para o tratamento de Parkinson: Pensamento computacional e formação matemática. *Bolema*, 35(69), 63-88. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n69a04>
- Azevedo, G.T., Maltempi, M.V., & Lyra-Silva, G.V. (2018). Processo formativo do aluno em matemática: Jogos digitais e tratamento de Parkinson. *Zetetiké*, 26(3), 569-585. <http://dx.doi.org/10.20396/zet.v26i3.8651962>
- Azevedo, G.T., & Maltempi, M.V. (2020). Processo de aprendizagem de matemática à luz das metodologias ativas e do pensamento computacional. *Ciência & Educação*, 26, 1-18. <https://doi.org/10.1590/1516-731320200061>
- Azevedo, G.T., & Maltempi, M.V. (2023). Desenvolvimento de habilidades e invenções robóticas para impactos sociais no contexto de formação em matemática. *Ciência & Educação*, 29, 1-21. <https://doi.org/10.1590/1516-731320230016>
- Azevedo, G.T., & Maltempi, M.V. (2021). Invenções robóticas para o tratamento de Parkinson: Pensamento computacional e formação matemática. *Bolema*, 35(69), 63-88. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n69a04>
- Azevedo, G.T., Maltempi, M.V., & Powell, A. (2022). Contexto formativo de invenção robótico-matemática: Pensamento computacional e matemática crítica. *Bolema*, 36(72), 214-238. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v36n72a10>
- Barba, L. (2016). Computational thinking: I do not think it means what you think it means.
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação – uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Dell'Acqua, F., McFowland III, E., Mollick, E., Lifshitz-Assaf, H., Kellogg, K. C., Rajendran, S., Kraye, L., Candelon, F., & Lakhani, K. R. (2023). Navigating the jagged technological frontier: Field experimental evidence of the effects of AI on knowledge worker productivity and quality. *Harvard Business School Working Paper* (No. 24-013).
- Denning, P. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39.
- Flick, U. (1998). *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. Thousand Oaks, Londres, Nova Delhi: Sage.
- Goldenberg, M. (2004). *A arte de pesquisa: Como fazer pesquisa qualitativa em ciências sociais* (8ª ed.). Rio de Janeiro.
- Mollick, E. R., & Mollick, L. (2023). Using AI to implement effective teaching strategies in classrooms: Five strategies, including prompts. The Wharton School Research Paper. Disponível em https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4391243
- OpenAI. (2024). ChatGPT: A large-scale pretrained conversational model [Technical Report]. Disponível em <https://openai.com/blog/chatgpt>
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95-123.
- Papert, S. (2008). *A máquina das crianças: repensando a escola na era informática*. Porto Alegre: Artes Médicas.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: Cultivating creativity through projects, passion, peers, and play*. Cambridge: MIT Press.
- Valente, J. M. (2016). Integração do pensamento computacional no currículo da educação básica: Diferentes estratégias usadas e questões de formação de professores e avaliação do aluno. *Revista e-Curriculum*, 14(3), 864-897.
- Wing, J. (2011). *Research notebook: Computational thinking: What and why*. Thelink.
- Yin, R. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Porto Alegre.