

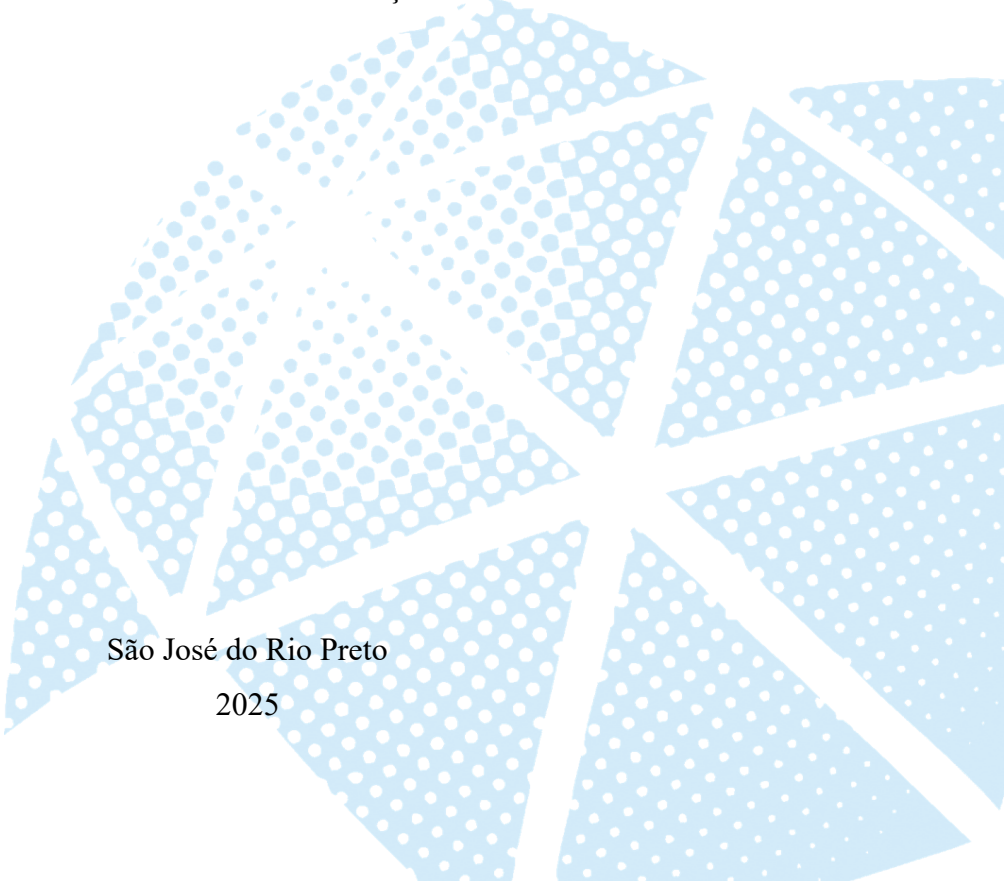
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho” - Campus de São José do Rio Preto

DAIANE KETRINE DONEGÁ

**STEAM NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL:
EXPLORANDO A MOBFOG EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

São José do Rio Preto

2025



DAIANE KETRINE DONEGÁ

**STEAM NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL:
EXPLORANDO A MOBFOG EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto, para obtenção do título de Mestra em Ensino e Processos Formativos.

Área de Concentração: Ciências e Matemática

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Scucuglia
Rodrigues da Silva

São José do Rio Preto

2025

D681s	Donega, Daiane Ketrine STEAM nos Anos Iniciais do Ensino Fundamental: Explorando a MOBFOG em Educação Matemática / Daiane Ketrine Donega. -- São José do Rio Preto, 2025 134 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas, São José do Rio Preto Orientador: Ricardo Scucuglia Rodrigues da Silva 1. ChatGPT. 2. Educação Matemática. 3. GeoGebra. 4. Processo de Design de Engenharia. 5. STEAM. I. Título.
-------	--

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

Esta pesquisa tem potencial de impacto em diversas dimensões. No campo científico e técnico, contribui para os estudos sobre STEAM na Educação Básica, com foco no uso integrado do GeoGebra e do ChatGPT no ensino das Ciências Exatas. Do ponto de vista educacional e social, promove práticas inovadoras que valorizam a criatividade, o protagonismo e a resolução de problemas reais.

Ao integrar a Cultura Maker, articula ciência e arte, favorecendo a inclusão e a diversidade de saberes. Realizada em escola pública do interior paulista, possui potencial de replicação regional e nacional, alinhando-se às diretrizes da BNCC e às tendências educacionais contemporâneas.

Também dialoga com debates internacionais sobre STEAM e inovação curricular. Por fim, ao adotar abordagens interdisciplinares e tecnológicas, contribui para o letramento digital e científico, essenciais à formação de sujeitos críticos e preparados para os desafios da era vigente.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This research has the potential to generate impact across multiple dimensions. In the scientific and technical fields, it contributes to studies on STEAM in Basic Education, focusing on the integrated use of GeoGebra and ChatGPT in the teaching of Exact Sciences. From an educational and social perspective, it promotes innovative practices that value creativity, agency, and the resolution of real-world problems.

By incorporating Maker Culture, it bridges science and art, fostering inclusion and the diversity of knowledge. Conducted in a public school in the interior of São Paulo, the study has potential for regional and national replication, aligning with BNCC guidelines and contemporary educational trends.

It also engages with international discussions on STEAM and curricular innovation. Finally, by adopting interdisciplinary and technological approaches, it contributes to digital and scientific literacy, which are essential for the formation of critical individuals prepared for the challenges of the current era.

DAIANE KETRINE DONEGA

STEAM NOS ANOS INICIAIS DO ENSINO FUNDAMENTAL:

Explorando a MOBGOG em Educação Matemática

Dissertação apresentada à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Campus de São José do Rio Preto, para obtenção do título de Mestre em Ensino e Processos Formativos.

Área de Concentração: Ciências e Matemática

Data da defesa: 15/07/2025

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Ricardo Scucuglia Rodrigues da Silva
UNESP – Instituto de Biociências, letras e Ciências Exatas - Campus de São José do Rio Preto

Prof. Dr. Gustavo Bizarria Gibin
UNESP - Faculdade de Ciências e Tecnologia - Câmpus de Presidente Prudente

Prof. Dr. José Fernandes Torres da Cunha
UNEMAT – Universidade do Estado de Mato Grosso

Dedico este trabalho à minha mãe, que partiu no meio desta jornada, mas jamais deixou de caminhar comigo. Sua força, seu amor e sua presença permanecem vivos em cada conquista minha. Mesmo em silêncio, ela segue sendo minha luz, minha inspiração mais profunda e eterna.

AGRADECIMENTOS

A minha mais profunda gratidão é dedicada à minha mãe, Márcia Donega, que, ao longo de toda a sua vida, foi minha base, meu refúgio e meu alicerce mais firmes. Mesmo enfrentando suas próprias batalhas, com a saúde fragilizada e as dores que a vida lhe impôs, ela nunca deixou de me oferecer força. Em momentos em que minha fé vacilava, era o sorriso dela — suave, mesmo cansado — que me sustentava. Sua coragem silenciosa, sua presença constante e seu amor incondicional seguirão comigo para sempre, como farol em meus dias escuros.

Agradeço ao meu pai, Marcio Donega, por todo o amor, carinho e apoio incondicional. Nos momentos em que o medo e a insegurança ameaçavam me paralisar, sua confiança em mim e seu incentivo me impulsionaram a seguir. Obrigada por caminhar ao meu lado com tanto afeto e firmeza.

À minha família — Silvana Grava Donega, Paulo Elcio Donega, Fabrício Donega, Silvana Cristina Donega, José Roberto Tavares e José Donega —, minha eterna gratidão, por serem raiz e abrigo, força e ternura.

À minha avó, Maria Luiza Tavares, cujas mãos cuidam e acalmam; ao meu primo, Higor Tavares, cuja presença fortalece e conforta; à minha prima, Larissa Donegá, cuja cumplicidade é farol nas travessias.

Às amigas Maria Fernanda Bonini, Maria Clara Taddone, Mayara Cristina Teixeira, Isabele Lopes e Michelle Freitas, que permaneceram quando os ventos sopravam mais fortes, oferecendo abrigo na escuta e coragem nas palavras.

A todos vocês, que me ergueram quando minhas forças titubeavam, obrigada por me lembrar, sempre, quem eu sou.

Agradeço também ao meu orientador, Professor Ricardo Scucuglia, pela generosidade, paciência e por acreditar na minha trajetória acadêmica. Sua orientação nítida, respeitosa e inspiradora foi essencial para que este trabalho se concretizasse, e sua confiança me ensinou a acreditar ainda mais na potência de seguir aprendendo, pesquisando e ensinando com sentido.

Agradeço aos membros da Comissão Examinadora de Exame Geral de Qualificação e Defesa, Gustavo Bizarria Gibin e José Fernandes Torres da Cunha, por aceitarem o convite e contribuírem para o enriquecimento desta pesquisa de mestrado.

À Univesp, pelo apoio financeiro, concedido por meio da bolsa destinada para os estudantes que atuam como facilitadores virtuais nos cursos de graduação da instituição.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento nº 88887.904979/2023-00, à qual também agradeço por me financiar durante grande parte da minha jornada acadêmica.

RESUMO

A presente pesquisa, em nível de mestrado na área de Educação Matemática, possui as seguintes temáticas de investigação: uso do software GeoGebra, integração da Inteligência Artificial por meio do Chat GPT em ambiente escolar e o modelo de ensino ativo e multidisciplinar STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). Diante das transformações que tanto o ensino quanto a sociedade têm enfrentado em decorrência do avanço de diversas tecnologias e à marcante influência do meio digital no dia a dia de crianças, jovens e adultos, a utilização de recursos computacionais emergiu como um meio relevante para aprimorar os processos didáticos e pedagógicos. O desenvolvimento da Educação pautada na integração de conhecimentos de Artes, Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática combina várias finalidades: preparar o aluno para enfrentar desafios na sua jornada como cidadão, promover a criatividade, envolver estudantes em atividades colaborativas e fomentar seu protagonismo no processo da construção do saber. Dessa maneira, o objetivo dessa pesquisa é investigar como alunos da Educação Básica exploram atividades baseadas na pedagogia STEAM. Mais precisamente investigar como alunos do Ensino Fundamental exploram tarefas interdisciplinares envolvendo o uso do software GeoGebra e do ChatGPT. Esta pesquisa teve como metodologia a qualitativa, mais especificamente o desenvolvimento de experimentos de ensino com duplas de alunos do quarto ano do Ensino Fundamental de uma escola pública municipal de uma cidade do interior do estado de São Paulo. O critério de escolha das duplas teve como referência a participação e desempenho dos alunos na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) realizada na escola em 2023. As atividades destinadas à produção de dados foram estruturadas em quatro etapas e realizadas em um ambiente fornecido pela própria instituição de ensino dos estudantes que participaram da pesquisa, onde estes contaram com a disponibilidade de notebooks providos de acesso à internet. Na primeira etapa, cada participante dialogou acerca da sua experiência com a MOBFOG. Na segunda etapa, os estudantes expressam as experiências relatadas na primeira etapa por meio de um desenho. Na terceira etapa explora conceitos sobre lançamento de projéteis utilizando o software GeoGebra. E por fim, na última etapa, utilizando o aplicativo ChatGPT, os alunos criaram poemas sobre o que vivenciaram nas três primeiras etapas e na MOBFOG. A análise dos dados tem como base um modelo constituído por 7 etapas: observação, descrição, identificação de eventos críticos, transcrição, codificação, construção do enredo e composição da narrativa. O referido projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 74714723.1.0000.5466. Em termos de resultados, apresentamos e discutimos: (i) a integração de Ciências, Tecnologia e Matemática na perspectiva da abordagem STEM; (ii) a aplicação do Processo de Design de Engenharia para busca de soluções (stEam); (iii) a interação dos estudantes com o software GeoGebra; e (iv) a interação dos estudantes com o ChatGPT.

Palavras-chave: chatGPT; educação matemática; geogebra; processo de design de engenharia; STEAM.

ABSTRACT

The present research, conducted at the master's level in the field of Mathematics Education, focuses on the following themes: the use of GeoGebra software, the integration of Artificial Intelligence through ChatGPT in the school environment, and the active and multidisciplinary teaching model STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics). In light of the transformations that both education and society have been experiencing due to the advancement of various technologies and the significant influence of the digital environment on the daily lives of children, young people, and adults, the use of computational resources has emerged as a relevant means to enhance didactic and pedagogical processes. The development of education based on the integration of knowledge from Arts, Sciences, Technology, Engineering, and Mathematics combines several purposes: preparing students to face challenges throughout their journey as citizens, promoting creativity, engaging students in collaborative activities, and fostering their agency in the process of knowledge construction. Thus, the objective of this research is to investigate how students in Basic Education explore activities based on STEAM pedagogy—more specifically, to investigate how Elementary School students engage in interdisciplinary tasks involving the use of GeoGebra and ChatGPT. This research adopted a qualitative methodology, more specifically the development of teaching experiments with pairs of fourth-grade students from a municipal public school in a city in the interior of São Paulo state. The criterion for selecting the pairs was based on students' participation and performance in the Brazilian Rocket Show (MOBFOG) held at the school in 2023. The activities for data production were structured in four stages and carried out in an environment provided by the students' own school, where they had access to notebooks with internet connection. In the first stage, each participant shared their experiences with MOBFOG. In the second stage, students represented those experiences through drawings. In the third stage, concepts of projectile launching were explored using GeoGebra software. Finally, in the fourth stage, with the use of ChatGPT, students created poems about what they had experienced in the first three stages and during MOBFOG. The data analysis was based on a model consisting of seven stages: observation, description, identification of critical events, transcription, coding, storyline construction, and narrative composition. The project was approved by the Research Ethics Committee (CEP), under the Certificate of Presentation for Ethical Consideration (CAAE) number 74714723.1.0000.5466. In terms of results, we present and discuss: (i) the integration of Science, Technology, and Mathematics within the perspective of the STEM approach; (ii) the application of the Engineering Design Process for problem-solving (stEam); (iii) students' interaction with GeoGebra software; and (iv) students' interaction with ChatGPT.

Keywords: chatGPT; mathematical education; geogebra; engineering design process STEAM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Desenho de um quadrado que não resiste à prova do arrastar	30
Figura 2: Construção de um quadrado que resiste à prova do arrastar	31
Figura 3: Processo de Design de Engenharia	49
Figura 4: Molde das Aletas	64
Figura 5: Base construída pelos alunos para o lançamento.....	65
Figura 6: Gráfico do lançamento oblíquo	69
Figura 7: Comandos Utilizados no GeoGebra para Criar o Simulador (Parte 1).....	70
Figura 8: Aplicativo criado com o GeoGebra	71
Figura 9: Perguntas da Entrevista Pré-estruturada	73
Figura 10: Voando Alto com a Matemática- parte I	74
Figura 11: Voando Alto com a Matemática - Parte II - Introdução ao simulador	76
Figura 12: Voando Alto com a Matemática - Parte III	78
Figura 13: Desenhos da Dupla 1	87
Figura 14: Desenhos da Dupla 4	87
Figura 15: Representação da trajetória do foguete da Dupla 2	90
Figura 16: Dupla 2 interagindo com o GeoGebra	92
Figura 17: Dados produzidos pela Dupla 2 ao interagir com o GeoGebra	92
Figura 18: Dupla 4 Testando na Simulação quando o Foguete Alcança a Distância de 24 metros	96
Figura 19: Dupla 4 Testando na Simulação quando o Foguete Alcança a Distância de 20 metros	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Concepções das escolas do Logicismo, Intuicionismo e Formalismo.....	27
Quadro 2: O que é STEM.....	41
Quadro 3: Questões norteadoras para aplicação do Processo de Design de Engenharia.....	49
Quadro 4: Principais Benefícios dos Experimentos de Ensino.....	55
Quadro 5: Adaptação do Modelo de Análise de Powell, Francisco e Maher (2004).....	57
Quadro 6: Foguetes por Nível de Ensino e Método de Propulsão.....	63
Quadro 7: Princípios do Movimento de Projéteis.....	66
Quadro 8: Descrevendo as etapas pensadas na atividade com base no Processo de design de Engenharia.....	75
Quadro 9: Participantes da pesquisa.....	78
Quadro 10: Poemas da Dupla 1 gerados com o suporte do ChatGPT.....	104
Quadro 11: Poemas da Dupla 3 gerados com o suporte do ChatGPT.....	105

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Anped	Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoa de Nível Superior
CEP	Comitês de Ética na Pesquisa
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNS	Conselho Nacional da Saúde
CONEP	Comissão Nacional de Ética em Pesquisa
EME	Experiência Matemática Estética
GPIMEM	Grupo de Pesquisa em Informática, outras mídias e Educação Matemática
GPT	Generative Pre-Trained Transformer
IA	Inteligência Artificial
IES	Instituições de Ensino Superior
MOBFOG	Mostra Brasileira de Foguetes
NSF	National Science Foundation
OBA	Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica
OBMEP	Olimpíada Brasileira de Matemática das Escolas Públicas
OBM	Olimpíada Brasileira de Matemática
PET	Programa de Educação Tutorial
PDE	Processo de Design de Engenharia
PIC	Programa de Iniciação Científica jr.
PICME	Programa de Iniciação Científica e Mestrado
PVC	Policloreto de Vinila
SAB	Sociedade Astronômica Brasileira
SET	Science, Engineering and Technology
STEAM	Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics

SUMÁRIO

1. PANORAMA GERAL DE MINHA TRAJETÓRIA.....	13
1.1 PRIMEIRA GRADUAÇÃO	13
1.2 MESTRADO	15
1.3 UM NOVO RUMO.....	16
1.4 RELEVÂNCIA DA PESQUISA	17
1.5 CONSIDERAÇÕES	19
2. AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA EDUCAÇÃO: UMA LINHA DO TEMPO DA EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO MATEMÁTICO	20
2.1 MATEMÁTICA EM SUAS ERAS	21
2.2 UMA REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA COM GEOGEBRA.....	27
2.3 INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS, UMA NOVA ERA?	31
2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	34
3. EXPLORANDO NOVAS PERSPECTIVAS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA	35
3.1 SOBRE A EDUCAÇÃO STEM E A SUA HISTÓRIA	35
3.1.1 STEM em um contexto global.....	37
3.1.2 STEM no Brasil	39
3.2 DELINEANDO O SIGNIFICADO DE EDUCAÇÃO STEM	41
3.3 SOBRE STEAM.....	43
3.3.1 STEAM e cultura Maker	45
3.4 UM FOCO NO PROCESSO DE DESIGN DE ENGENHARIA: UMA ABORDAGEM INTEGRADA À EDUCAÇÃO	48
3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
4. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	52
4.1 UM PANORAMA DA PESQUISA QUALITATIVA	52
4.1.1 Experimento de Ensino.....	54
4.2 NAVEGANDO PELOS PRINCÍPIOS DO CONHECIMENTO RESPONSÁVEL	58
4.3 O PERCURSO DA INVESTIGAÇÃO	60
4.4 MOBFOG	62
4.4.1 Construindo um Foguete	63
4.5 QUÃO ALTO FOI O VOO DO FOGUETE?	66
4.6 CONTAGEM REGRESSIVA PARA A DECOLAGEM NO GEOGEBRA.....	70
4.7 COLOCANDO EM PRÁTICA AS ATIVIDADES	72

4.7.1 Uma Conversa com os Estudantes.....	72
4.7.2 Voando Alto com a Matemática - Parte I.....	73
4.7.3 Voando Alto com a Matemática - Parte II.....	75
4.7.4 Voando Alto com a Matemática - Parte III	77
4.8 CENÁRIO DA PRODUÇÃO DE DADOS.....	78
4.8.1 Cenário da produção de dados.....	80
5. ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS DADOS.....	82
5.1 A “CIÊNCIA” (S), “TECNOLOGIA” (T) E “MATEMÁTICA” (M) NA ABORDAGEM STEM	82
5.2 A APLICAÇÃO DO PROCESSO DE DESIGN DE ENGENHARIA A PARTIR DO TRABALHO COM FOGUETES.....	86
5.2.1 Definição do Problema	86
5.2.2 Pesquisa do Problema.....	89
5.2.3 Imaginando e Analisando Possíveis Soluções com o GeoGebra	93
5.2.4 Criando e Testando Protótipos	95
5.3 ALUNOS COM O GEOGEBRA	98
5.4 ALUNOS COM CHATGPT	102
5.4.1 Poetizando com IA: Textos Gerados pelo ChatGPT com a Dupla 1.....	104
5.5 ANÁLISE GERAL DAS ATIVIDADES REALIZADAS	107
6. CONCLUSÃO.....	109
REFERÊNCIAS.....	115

1. PANORAMA GERAL DE MINHA TRAJETÓRIA

Nesta ocasião oportuna de delinear meu percurso na área acadêmica por intermédio deste espaço da dissertação, pude realizar uma reflexão acerca dos momentos vividos, conquistas alcançadas, e claro, infortúnios sofridos durante meu tempo nas áreas que atuei na universidade, tal como as experiências e produtos derivados dela.

Deste modo, esta parte da escrita tem o intuito de explorar de maneira analítica a construção do meu eu, em caráter pessoal e no exercício acadêmico, no caso específico de uma Mestranda que está em constante busca por novos saberes e experiências no campo da educação. Apoiada nos meus próprios dilemas e indagações no que se refere a minha formação e os frutos subsequentes, exponho aqui uma proposta de uma apresentação acadêmica um tanto quanto reflexiva.

A história escrita firma uma associação dialética entre os viveres e o texto escrito, “o ato de narrar o vivido carrega a essencialidade do poder de as pessoas se reconhecerem como sujeitos de suas próprias histórias”, incumbindo sentido aos distintos itinerários percorridos. “Ao comporem narrativas sobre a vida vivida, colocam-se em posição de escuta, olham para múltiplas direções, dentro e fora de si, reportando-se ao que foram, ao que são, ao que desejam ser; ao que fizeram, ao que fazem, ao que projetam fazer”. Caminhos a percorrer tem potencial de serem evidenciados no processo. “Pelo trabalho da reflexão, no tramado de relações percebidas, a construção de significados em torno de novas rotas que se anunciam é potencializada” (Ostetto; Bernardes, 2015, p. 164).

O tempo de compreender, refazer, recordar e compartilhar minhas histórias e ensaios, as experiências que vivenciei ao decorrer de mais de duas décadas de vida é chegada na forma de um processo narrativo nostálgico. Desta maneira, este escrito favorece o desenvolvimento de um recurso para meu próprio conhecimento e reconhecimento em diversos âmbitos e aspectos do meu ser em diferentes tempos e espaços, na minha interação em um contexto de várias culturas organizacionais, localizadas em diversas esferas de convívio.

1.1 PRIMEIRA GRADUAÇÃO

Ingressei na graduação, no curso de Matemática em uma universidade pública do interior paulista, a UNESP/Ibilce. Ao final de dois semestres deveria escolher entre licenciatura ou bacharelado em Matemática, nesta época, acabei optando pelo Bacharelado em Matemática com ênfase em matemática pura, mas cursei em concomitância algumas disciplinas da Licenciatura em Matemática. Certamente essa escolha teve forte influência da paixão

desenvolvida pela iniciação científica que iniciei logo no meu primeiro ano de faculdade no campo da matemática pura, mais especificamente na área da análise matemática, iniciação científica essa que tive a oportunidade de fazer em grande parte devido ao programa PICME (Programa de Iniciação Científica e Mestrado), que oferece aos estudantes universitários que se destacaram nas Olimpíadas de Matemática (medalhistas da OBMEP ou da OBM) a oportunidade de realizar estudos avançados em Matemática simultaneamente com sua graduação e põe à disposição dos participantes uma bolsa através de um financiamento do CNPq. Ainda nos primeiros meses do curso, me encantava a ideia de um dia poder atuar como pesquisadora e contribuir para o desenvolvimento da matemática de alguma maneira.

Além da pesquisa, sempre quis atuar como professora, no início somente em cursos técnicos ou de graduação, por este motivo sempre procurava participar de projetos dentro da universidade que me possibilitaria melhorar minhas habilidades como educadora e ganhar uma certa bagagem e experiência em frente a uma sala de aula.

Mais do que reproduzir uma informação, é necessário desenvolver a capacidade de pensar e agir de maneira flexível com o que já se sabe. Compreender é explicar, justificar, relacionar e aplicar de forma a extrapolar o conhecimento e habilidades de rotina. (Perkins, 2007). Paula Pogré e Graciela Lombardi (2006) concordam com essas premissas, ressaltando que:

[...] o aluno não é considerado ignorante, e sim alguém capaz de raciocinar e aprender o sentido por si mesmo e em interação com outros [...] o conhecimento é entendido como um produto cultural que deve ser compreendido em seu contexto que pode ser aprendido em diferentes modalidades de inteligências. (Pogré; Lombardi, 2006, p.15)

Buscando enriquecer minhas experiências, no meu segundo ano como universitária fui aceita no Programa de Educação Tutorial (PET), programa que insere estudantes do nível superior em projetos de educação tutorial com o objetivo de aplicar seus conhecimentos e ampliar sua formação. Durante meu tempo como petiana participei de projetos como o do Clubinho da Matemática, orientando e desenvolvendo atividades para alunos do ensino fundamental de escolas públicas, dando monitorias de disciplinas referentes ao primeiro ano do curso de matemática e organizando eventos voltados para os graduandos nas áreas de exatas.

Já no meu terceiro ano cursando matemática, iniciei no programa OBMEP na Escola, atuando como professora no programa de iniciação científica jr. (PIC), o qual também participei como aluna durante meu ensino básico e me inspirou a seguir a carreira nas ciências. Durante o tempo ministrando aulas para alunos do ensino fundamental e médio, integrantes do PIC, minha vontade e paixão em se tornar professora aumentou, agora não só mais de cursos

de nível superior, o dilema de qual caminho seguir, bacharelado ou licenciatura, ficou mais forte em meus pensamentos.

No meu último ano, as incertezas continuaram persistindo acerca de qual rumo tomar e quais escolhas eu deveria fazer, mas foi nesta época também que uma difícil fase da minha vida começou e as coisas que eu julgava serem importantes passaram a não me indagar mais como antes. Durante o percurso do segundo semestre do meu último ano da faculdade a pessoa mais importante da minha vida, minha incentivadora e motivadora, a minha mãe, foi diagnosticada com câncer e sua saúde rapidamente começou a se deteriorar e a mulher forte e determinada se transformou em um ser que necessitava de constantes cuidados e atenção. Sem muitas motivações e esperanças, conclui a graduação de bacharelado em matemática e acabei por seguir o fluxo e juntamente com meus colegas e amigos me inscrevi no mestrado na área da matemática pura.

1.2 MESTRADO

Era chegado o fim da graduação, e o mestrado era condição na busca da carreira como professora universitária. Mas em qual área? Enfim, eu não poderia ficar nessa dúvida eterna entre a Matemática Pura e a Educação Matemática. Naquele momento, optar pela Educação Matemática, ao meu ver, implicaria deixar para trás vários anos de estudos e pesquisas em áreas do bacharelado matemático e começar a trilhar um novo caminho praticamente do zero, o que eu via como bastante assustador na época. Desse modo, em meio ao medo do novo, optei por permanecer na mesma estrada e começar o mestrado em Matemática Pura, na mesma instituição em que havia concluído a graduação.

Ainda no meu primeiro semestre como mestranda, decidi solicitar reingresso e cursar Licenciatura em Matemática juntamente com o mestrado. Essa escolha teve como objetivo integrar-me melhor e compreender em profundidade a pesquisa em Educação Matemática. Dessa forma, após a conclusão do mestrado, eu me sentiria mais confiante para ingressar em uma pós-graduação voltada a essa área da educação. Sentia necessidade de alguma experiência em uma sala de aula de verdade, pois, como já dizia Sácristan (1998, p. 136): “se quer saber o que é verdadeiramente a educação, conviria muito mais analisar as práticas nas aulas do que se deter muito no discurso embelezado”. No fundo, apesar da opção pela Matemática Pura, estar em sala de aula, bem como pesquisar práticas oriundas da sala de aula havia se tornado meu maior desejo.

Tentei por um tempo conciliar os dois cursos, mas o que já era difícil passou a ser impossível para mim com o falecimento da minha mãe. Com tudo o que estava acontecendo na minha vida pessoal, sem o meu maior apoio e com o psicológico abalado, me vi tendo que escolher entre fazer a licenciatura ou terminar o mestrado e foi assim, em uma avalanche de preocupações e confusão que resolvi seguir finalmente meu coração e cair de cabeça de uma vez no campo que já a muito tempo admirava: a educação.

1.3 UM NOVO RUMO

Percebo através da narrativa constituída por mim até este momento que uma das questões importantes que decorre ao longo da formação de um docente durante seu tempo de graduação são os modelos biográficos que cada um reestrutura para si ao decorrer de sua vida, que esses modelos orientam ou não nossos modos de pensar, aprender e ensinar, modos de pesquisar e de formar. Assim, assumo a perspectiva de formação como processo de construção em todos os sentidos da vida acadêmica, considerando-a um processo complexo, mas que precisa ser revivido (Teles, 2011).

Havia ingressado oficialmente no curso de licenciatura em matemática havia mais de seis meses, mas só após este período foi que pude verdadeiramente me sentir parte integrante do programa, já que foi depois deste tempo que fui capaz de me desprender das amarras que me seguravam e tornar possível o enfoque exclusivo nas disciplinas da graduação em licenciatura e nas pesquisas no campo da educação. Sem mais a necessidade de me dividir em duas para dar conta dos compromissos resultantes dos dois cursos que integrava, tive a possibilidade de iniciar uma iniciação científica na área da educação matemática, que segundo Maria Aparecida Viggiani Bicudo:

Do meu ponto de vista, a pesquisa em Educação Matemática permite que se compreenda a Matemática, o modo pelo qual ela é construída, os significados da Matemática no mundo. Com isso ela presta serviço à Educação e à Matemática. À Matemática por ajudá-la a compreender-se. À Educação, por auxiliar a ação político-pedagógica (Bicudo, 1993, p. 22)

A proposta da pesquisa, em nível de Iniciação Científica, procurou explorar questões que envolvem possibilidades das artes e do mistério/enigmas para o ensino e aprendizagem de Matemática. A principal perspectiva teórica da pesquisa foi estabelecida como sendo a experiência matemática estética (EME).

No livro de Scucuglia e Idem (2021), “Experiências Estéticas em Educação Matemática”, eles recordam que Morris Kline (1908-1992) apontou que a estética pode guiar

a investigação matemática, como também, motivar novas demonstrações e, ainda, que segundo Sinclair (2006), a estética pode ter função de avaliação, geração e motivação. Diante disso, os aspectos estéticos nas experiências matemáticas vêm se tornando um tema de grande relevância na Educação Matemática. Como destacado por Scucuglia (2019), ao tratar da aprendizagem em matemática, a produção e a apresentação estética podem não apenas motivar, mas também favorecer a compreensão de um determinado conteúdo de diferentes maneiras. Tudo o que facilita e otimiza a compreensão matemática deve ser explorado de maneira efetiva, assim como é o caso das experiências estéticas.

Foi nesta fase também que iniciei minha participação no Residência Pedagógica, programa recente que foi lançado em março de 2018 no Brasil. Estando na pauta da atual Política Nacional de Formação de Professores da Educação Básica, este programa objetivou selecionar Instituições do Ensino Superior (IES) públicas, privadas sem fins lucrativos ou privadas com fins lucrativos que possuam cursos de Licenciatura participantes do Programa Universidade para Todos, para “implementação de projetos inovadores que estimulem articulação entre teoria e prática nos cursos de licenciatura, conduzidos em parceria com as redes públicas de educação básica.” (CAPES, 2018, p. 1).

Pode-se dizer que o motor que anima e dá sentido ao estágio –tanto na Pedagogia como nas demais licenciaturas –é a busca da relação contínua –possível e necessária –entre os estudos teóricos e a ação prática cotidiana. [...] Importa analisar o que acontece, como, por que, onde, com quem e quando acontecem determinadas situações buscando um novo sentido diante do que está sendo observado e apreendido no processo junto à realidade observada. (Calderano, 2012, p. 251).

Certamente, no cenário atual, onde estou cursando meu mestrado no Programa Ensino e Processos Formativos e após o contato mais aprofundado com questões acerca da educação e sala de aula, minhas crenças a respeito de ensino e aprendizagem já não são as mesmas, depois de novas leituras e novas experiências. Não sou capaz de explicitar quais eram, mas certamente provinham da minha própria experiência enquanto estudante. “Hoje entendo o saber como algo que não seja simplesmente transmitido ou descoberto, mas construído por meio de algo e nas interações sociais, a partir de situações que possibilitem aos estudantes produzir algum significado àquilo que lhes é proposto” (Trevisan, 2014, p. 767).

1.4 RELEVÂNCIA DA PESQUISA

Como apaixonada pela matemática desde a infância, e ao longo da adolescência e vida adulta, lamento ver como essa disciplina rica e bela é frequentemente associada a um caráter absoluto e frio, que muitas vezes tem seu ensino marcado por métodos precisos, números e

símbolos, e pela busca por respostas certas ou erradas. Essa visão, como trazida por Zamonei (2023), muitas vezes reforçada por práticas de ensino tradicionais, pode contribuir para uma imagem negativa da matemática na sociedade.

A metodologia assume um papel fundamental no processo pedagógico, guiando o planejamento, as estratégias e as atividades educativas. O método tradicional de ensino, que coloca o professor como figura central e único detentor do conhecimento, relegando o estudante à posição de mero espectador, tem sido alvo de questionamentos. Para romper com os paradigmas desse modelo, torna-se crucial que o professor seja apresentado a propostas pedagógicas inovadoras, capazes de promoverem aos alunos o desenvolvimento da autonomia, a valorização do espírito de investigação, o desenvolvimento da capacidade de realizar críticas e a habilidade para lidar com pessoas (Urias; Azeredo, 2017).

Diante desse quadro de transformações no ensino, como na sociedade, a chegada dos computadores significou um movimento contínuo e global: na comunicação, na ciência do conhecimento, na economia, e até mesmo na configuração social, que passou a mudar rapidamente e de maneira surpreendente e, hoje, alcança as próprias instituições de ensino.

Esse quadro pode ser encontrado no livro *Fases das tecnologias digitais em Educação Matemática* de Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014), onde eles já trazem o referencial teórico seres-humanos-com-mídias como propostas para a construção do conhecimento matemático com tecnologias. A perspectiva futurista dos autores nos apresenta um desafio primordial: repensar a função da escola como espaço formal do ensinamento em um mundo em alterações incessantes. Para permanecer relevante e operacional, a escola terá que transformar-se e se incorporar com novos formatos de produção do saber (impostos pelas tecnologias), além de reexaminar a sua própria visão da educação, o que requer uma reflexão abrangente que venha a incluir uma análise crítica da função do professor, dos métodos de ensino, do currículo, do ambiente escolar e de todos os componentes que o integram.

E assim, estimulada por estes novos horizontes e inspirada pelas promissoras possibilidades que as novas tecnologias oferecem, este estudo visa despertar nos educadores matemáticos a necessidade e a importância de incorporá-las à prática docente. A pesquisa se debruça sobre a seguinte questão: como os alunos do Ensino Fundamental se envolvem e participam de atividades educacionais que se baseiam em uma abordagem pedagógica integrada à tecnologia, com foco na educação STEAM (*Science; Technology; Engineering; Arts; Mathematics*), tema que será explorado mais apropriadamente, juntamente com o software GeoGebra e a Inteligência Artificial, ao decorrer desta dissertação.

A relevância deste estudo reside na necessidade de criar práticas de ensino que se adequem melhor aos desafios do século XXI, isto é, que utilizem a tecnologia no espaço escolar. A nova realidade da presença das tecnologias na vida cotidiana exige que a educação se renove, promovendo uma educação e uma aprendizagem mais dinâmicas e mais significativas. O propósito é contribuir para a construção de uma educação que valorize a criticidade, a autonomia e o protagonismo dos estudantes, permitindo-lhes refletir, errar e aprender de modo significativo. O uso de metodologias inovadoras, que testemunhem a possibilidade da tecnologia como possibilidade para aprendizagem, pode ser um dos caminhos para desenvolver as competências necessárias à vida, a exemplo da criatividade, colaboração e o pensamento crítico, preparando os estudantes para o futuro e para um mundo mais digital e desafiador.

1.5 CONSIDERAÇÕES

Ao longo da minha vida, procurei exercer as minhas atividades com zelo, dedicação e comprometida na busca e na produção do conhecimento, de forma a representar e respeitar as instituições que me acolheram. A chegada aos dias atuais é carregada de significados e sentidos alcançados ao meu feito no decurso das experiências presenciadas, da qual o esforço e determinação são parte integrante. “Experiências realizadas em distintos tempos, espaços e contextos marcados com o lápis impreciso da memória desbotada carregada de emoções, que se revela expondo desejos, realizações, perdas, amores, rugas e sorrisos” (Almeida, 2016, p. 1101).

Por último, esta obra busca mostrar o meu compromisso de rigor permanente com a pesquisa e o programa de pós-graduação; embora associado à busca também constante do equilíbrio saudável no cumprimento desse princípio. Tal como nos ensina o filósofo Mário Sérgio Cortella em várias palestras¹ e conversas, devemos fazer o nosso melhor na condição que temos, enquanto não temos condições melhores para realizar melhor ainda. “Logo, todo nível de exigência precisa ser regado por tolerância, compreensão e respeito pela dignidade humana; própria e dos outros” (Duarte, 2017, p. 98).

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=ddlbsHYYqjg>

2. AVANÇOS TECNOLÓGICOS NA EDUCAÇÃO: UMA LINHA DO TEMPO DA EVOLUÇÃO DO CONHECIMENTO MATEMÁTICO

Algo marcante e notável é a rápida evolução que as tecnológicas têm tomado nossa sociedade. Com o passar dos dias, computadores pessoais ganham maiores capacidades de processamento e armazenamento de dados ao mesmo tempo que as interfaces estão se despertando de maneiras cada vez mais amigáveis e interativas. Além disso, a conectividade à internet está se tornando gradativamente mais capaz de permitir o acesso instantâneo a uma vasta variedade de artifícios e serviços online para um público que vai crescendo cada dia mais (Borba; Scucuglia; Gadani, 2014). Esse relevante desenvolvimento da tecnologia tem acarretado transformações na sociedade contemporânea, refletindo em alterações na maneira como interagimos com o mundo e nos moldes das tendências futuras em diversas áreas da sociedade.

É habitual enxergar a ciência e a tecnologia como forças motrizes do progresso humano cujo desenvolvimento não augura apenas o aprimoramento do saber humano, mas as possibilidades de uma evolução do próprio ser humano. Vistas sob essa ótica, é possível deduzir que ambas proporcionarão inúmeras contribuições para a humanidade, em várias formas e graus (Pinheiro; Silveira; Bazzo, 2009). Perante as significativas transformações sociais proporcionadas pela evolução da tecnologia, uma indagação de ordem pertinente surge: como usufruir do potencial do meio digital, tão presente na vida de crianças, jovens adultos e adultos, para se aperfeiçoar os processos de ensino e aprendizagem e fortalecer a produção do conhecimento?

"A aprendizagem não só ocorre em um determinado contexto, ela se integra a outros contextos assim como gera novos contextos por meio de interação contínua que acontece com o uso das tecnologias". (Almeida; Valente, 2014, p. 1166).

As vastas oportunidades que as inovações tecnológicas oferecem também nos permitem pensar na possibilidade de se explorar novas formas educacionais, especialmente no que diz respeito ao ensino e à aprendizagem da Matemática. Nos últimos anos, tem se tornado cada vez menos fantasioso imaginar que no futuro as salas de aula deixariam de ser ambientes estritamente físicos, tornando-se em ambientes de ensino imersivos, onde os estudantes podem interagir com os conceitos matemáticos, através do uso da realidade virtual ou de simulações interativas. Imaginarmos a existência de plataformas online que personalizam o aprendizado, adaptando-se ao ritmo e estilo de cada estudante é algo, dia após dia, mais real, visto que, as inteligências artificiais têm avançado de forma exponencialmente veloz.

Diante disto, neste capítulo introdutório, buscarei desvendar e mostrar como as inovações tecnológicas estão moldando a Educação Matemática ao trazer alguns recursos e seus impactos no processo de ensino. Vamos embarcar em uma jornada dupla: desvendar a história da matemática, desde seus primórdios até as tecnologias avançadas que moldam o mundo de hoje, e ao mesmo tempo, refletir sobre como a transformação digital pode ser utilizada para democratizar o acesso ao conhecimento e promover uma aprendizagem mais significativa e engajadora para todos.

Ao explorarmos a evolução da matemática e as revoluções tecnológicas que ela ajudou a impulsionar, queremos compreender como podemos utilizar as ferramentas digitais para construir um futuro onde a educação seja acessível, interativa e estimulante para cada indivíduo.

2.1 MATEMÁTICA EM SUAS ERAS

A Matemática e seu ensino possuem uma trajetória bastante semelhante ao curso de um imponente rio, já que, em seus períodos de cheia ela é capaz de depositar uma camada de sedimentos contendo minerais e matérias orgânicas que enriquecem os vastos territórios do conhecimento, fertilizando do passado ao presente com uma história rica e complexa, marcada por transformações, desafios e conquistas.

Como a humanidade, a matemática passou por diversas fases ao longo do tempo, refletindo tanto nos avanços da compreensão dessa área de estudo quanto nas mudanças das abordagens pedagógicas da disciplina. Aqui trarei algumas parcelas desta grandiosa linha do tempo pertencente a esta ciência exata.

Começando com a Pré-Histórica, que é dada como todo o período anterior à escrita, é neste passado longínquo, quando a humanidade ainda engatinhava em sua jornada evolutiva, que as primeiras noções de número e forma começaram a brotar na mente humana, segundo Struik (1992). Era o começo da Idade da Pedra, o Paleolítico, um período que se estende por milhares de anos e nos transporta para um mundo primitivo, onde os homens viviam em cavernas, em condições pouco diferentes das dos animais, lutando pela sobrevivência, mas que, mesmo diante destas condições adversas, a matemática estava presente como parte integrante da vida cotidiana do homem. (Boyer, 1999; Barasuol, 2006).

A jornada do conceito de número na pré-história é um relato inspirador da engenhosidade e capacidade de raciocínio dos nossos ancestrais. A partir de sistemas rudimentares de contagem, como ranhuras em ossos e agrupamento de pedras em montes,

nossos antepassados buscaram incessantemente quantificar e compreender o mundo ao seu redor. Registros numéricos antigos, como ossos com entalhes encontrados na Europa e na África, datados de até 35.000 anos, indicam que as ideias de números, contagens e princípios multiplicativos são muito mais antigas do que se pensava (Boyer; Merzbach, 2012).

A ruptura da pré-história e por consequência, a formação das civilizações e das grandes cidades, só foi possível com o desenvolvimento da agricultura, em um processo que passou a ser conhecido como “Revolução Agrícola”. Foi somente após esta transição em grande escala de muitas culturas humanas do estilo de vida de caçador-coletor e nômade para um agrícola e sedentário fixo, que as descobertas científicas e matemáticas tiveram um maior impulso. Esta revolução, como mencionado por Francisco dos Santos (2011), abriu o caminho não só para a criação das grandes civilizações, mas também para tudo aquilo que cerca esta construção e povos como o da Babilônia, Egito e Grécia que se destacaram.

Agora na Antiguidade, desde as primeiras civilizações, a matemática foi uma via importantíssima para o desenvolvimento e progresso destas novas comunidades. À medida que cada sociedade crescia, surgia também a necessidade da criação de um sistema de numeração mais evoluído.

Situada às margens do rio Eufrates, a Babilônia se ergueu como uma luz guia do conjunto de povos na Mesopotâmia, fascinando e sendo considerada por vários historiadores e estudiosos como o berço da civilização devido aos avanços sociais, econômicos, políticos e culturais que nela floresceram (Sousa, 2020). Ela também é vista como o marco inicial da história da nossa cultura que trouxe novos moldes para o curso da história humana (Santos, 2008).

A matemática da Babilônia foi bem mais que um conjunto de teoremas e resultados, ela foi um legado milenar que esculpiu a maneira como as civilizações antigas concebiam e mensuravam o espaço em torno delas. Suas raízes se emaranham com todas as tradições matemáticas dos povos mesopotâmicos desde o quinto milênio antes da era comum. “Os registros matemáticos e de escrita mais antigos que se tem conhecimento são originários da civilização que se desenvolveu entre os rios Tigre e Eufrates, ou seja, a Babilônia” (Ortiz, 2020, p. 01).

Essa civilização hábil desenvolveu um sistema numérico inovador, esculpido em tábuas de argila com ferramentas em forma de cunha. Essa escrita, conhecida como cuneiforme, era composta por símbolos com representação para 1 e para 10. Ao contrário dos sistemas numéricos modernos, com seus diversos dígitos e símbolos, a matemática sumeriana se baseava em apenas dois elementos: um símbolo vertical, chamado de cravo e um símbolo

horizontal, chamado de asna (Dantas; Leal, 2016; Guelli, 2004). Com apenas estes dois símbolos, era possível representar qualquer número inteiro, independentemente do seu tamanho, combinando-os em diferentes quantidades e arranjos. (Ortiz, 2020).

As contribuições da Babilônia para a Matemática são variadas e possuem grande influência, refletindo as capacidades avançadas dessa antiga civilização para o seu tempo. De forma resumida, algumas das principais contribuições dos babilônios para o campo da Matemática foram as aproximações, como da raiz quadrada de dois, estudos realizados no campo da álgebra e de polígonos (Boyer; Merzbach, 2019; Ortiz, 2020)..

Tratando agora do Egito, nas margens do Rio Nilo foi o berço de uma das civilizações mais fascinantes da história, local onde floresceu um conhecimento matemático único e avançado. Os egípcios, com sua inteligência e criatividade, foram capazes, mesmo com os poucos recursos da época, de desenvolverem técnicas matemáticas que os impulsionaram a realizar obras grandiosas, como as imponentes pirâmides, e a desvendar os segredos do tempo com a criação de um calendário solar preciso.

A maior parte do que sabemos sobre a matemática do Egito Antigo se deve à existência de três documentos preciosos: o Papiro de Rhind, o Papiro de Moscou e o Papiro de Berlim. Esses documentos, escritos em hieróglifos, contêm, como mostrado por Beck (2010), problemas matemáticos, soluções, fórmulas e tabelas, revelando a riqueza do conhecimento matemático dos egípcios.

Para finalizar esse período, na Grécia, de acordo com Brolezzi (1999), tivemos as primeiras tentativas de compreender os fenômenos relacionados ao infinito, ao contínuo e ao infinitesimal, buscando uma explicação para o movimento e as transformações dos seres. A contar da ideia de movimento, surgiram os primeiros conceitos de Cálculo Diferencial e Integral.

A Grécia Antiga vivenciou uma época de ouro intelectual, um período de intensa criatividade e avanços em diversos campos do saber. Nomes como Pitágoras, Euclides e Arquimedes ecoam pelos corredores do tempo como titãs da matemática.

Pitágoras, o lendário fundador da escola pitagórica, uma escola que envolvia o pensamento racional e o misticismo, abrangendo campos essenciais do saber: aritmética, música, geometria e astronomia. Entre as contribuições dos pitagóricos, destaca-se a formulação de diversos teoremas geométricos, especialmente o Teorema de Pitágoras: “o quadrado da hipotenusa é igual à soma dos quadrados dos outros dois lados, denominados catetos”. Este teorema aplica-se a qualquer triângulo retângulo e, embora já fosse conhecido

pelos egípcios, chineses e mesopotâmicos séculos antes, eles não possuíam uma demonstração formal.

A história relata que Pitágoras foi o primeiro a demonstrar este teorema, utilizando figuras planas na areia ou trabalhando com cordas. A maioria dos historiadores acredita que sua demonstração foi geométrica, baseada na comparação de áreas (Darel; Cardoso; Rosa, 2011). O pensamento de Pitágoras, como dito por Morais (2019), era fundamentado em um entendimento abstrato e filosófico dos números e da matemática, propondo teoremas especulativos para resolver questões filosóficas, além de problemas práticos do cotidiano.

Já Euclides escreveu mais de dez tratados abrangendo uma variedade de temas. Das suas obras, cinco chegaram até os nossos dias: "Os Elementos", "Os Dados", "Divisão de Figuras", "Os Fenômenos" e "Óptica", sendo esta última um dos primeiros estudos sobre perspectiva (Darela; Cardoso; Rosa, 2011, p. 123). Seus axiomas, teoremas e demonstrações geométricas estabeleceram as bases para o desenvolvimento de várias áreas das ciências exatas, influenciando pensadores ao longo de milênios.

Por fim, temos Arquimedes, um matemático, físico, engenheiro, inventor e astrônomo grego, considerado o maior matemático da Antiguidade e um dos maiores de todos os tempos. Segundo Helena Sousa Melo (2015), algumas das suas contribuições mais notáveis incluem o emprego do método da exaustão para calcular a área sob o arco de uma parábola, utilizando a soma de uma série infinita; aplicação, também, do método da exaustão para calcular aproximadamente a área de um círculo, antecipando o uso do cálculo integral para estimar o valor de π (pi), e para complementar, em seu tratado "A Medida do Círculo", Arquimedes apresenta uma estimativa aproximada de π entre $223/71$ e $22/7$, obtida ao inscrever e circunscrever um polígono regular de 96 lados no círculo.

Chegando na Idade Média, apesar dos conflitos e mudanças políticas características desse período, esta era testemunhou o surgimento de matemáticos de destaque. Nesse cenário, a matemática não apenas continuou a se desenvolver, mas também pavimentou o caminho para muitas das futuras descobertas neste campo. Na Europa Medieval, a matemática desempenhou um papel significativo. Ela era parte integrante do currículo das escolas monásticas e das primeiras universidades, que representavam grandes corporações de mestres e alunos. Adicionalmente, este período também testemunhou o surgimento de alguns dos matemáticos e estudiosos que deixaram uma marca na história, tais como Boécio, Gerbert d'Aurillac e Leonardo Fibonacci.

Embora o progresso tenha sido notável nos séculos XIII e XIV com obras de Fibonacci (conhecido pela divulgação da sequência de Fibonacci e pela sua participação na introdução

dos algarismos arábicos na Europa) e Oresme (inventor da geometria de coordenadas, muito antes de Descartes, primeiro a usar expoentes fracionários e também trabalhou com séries infinitas), as realizações matemáticas do período medieval não se equiparam às da Grécia Antiga. O período medieval é caracterizado principalmente pelas traduções de importantes obras da Antiguidade (Darela; Cardoso; Rosa, 2011).

A Idade Moderna, que abrange os séculos XV ao XVIII, foi um período de transformações profundas na história da humanidade. Caracterizada por grandes navegações, revoluções científicas e conflitos geopolíticos intensos, essa era teve início em 1453 com a Queda de Constantinopla e chegou ao fim com a Revolução Francesa em 1789. Além desses acontecimentos, a Idade Moderna também testemunhou, como mostrado por Eves (2011), significativos avanços na matemática, incluindo o desenvolvimento da álgebra, geometria analítica, cálculo, trigonometria e teoria dos números.

Nos dois primeiros séculos desse período, XV e XVI, foi possível notar uma expansão da matemática, dado que, em conformidade com Ohse (2011) e Eves (2011), a queda de Constantinopla frente aos turcos provocou uma grande onda de refugiados para a Itália, trazendo consigo vários escritos da civilização grega. Isso permitiu que a Europa retomasse contato com os originais gregos, agora enriquecidos por influências orientais. Outro fator decisivo para a difusão dos conhecimentos matemáticos foi a invenção da imprensa de tipos móveis, que aprimorou a comercialização de livros, resultando em uma disseminação rápida e significativamente mais barata dos conhecimentos.

O século XVII foi crucial na história da matemática, destacando-se pela invenção dos logaritmos por Napier, melhorias na notação e na codificação algébrica por Harriot e Oughtred, fundação da ciência da dinâmica por Galileu e as leis do movimento planetário por Kepler. Desargues e Pascal abriram um novo caminho na geometria pura, Descartes lançou a geometria analítica moderna, Fermat estabeleceu os fundamentos da teoria dos números moderna e Huygens contribuiu significativamente para a teoria das probabilidades. No final do século, ainda tivemos Newton e Leibniz criando o cálculo. Esses avanços foram impulsionados por mudanças políticas, econômicas e sociais, incluindo progressos nos direitos humanos, tecnologia, internacionalismo intelectual e ceticismo científico (Eves, 2011). As condições políticas favoráveis no norte da Europa e a superação geral da barreira do frio e da escuridão nos longos meses de inverno, com os progressos no aquecimento e na iluminação, contribuíram, segundo Eves, para o deslocamento da atividade matemática da Itália para a França e Inglaterra.

O século XVIII, ainda conforme Eves (2011), foi um período de grandes transformações e agitação tanto na Europa quanto na América. Uma nova classe social, a burguesia, emergiu e desafiou a antiga ordem aristocrática, resultando em mudanças significativas na Inglaterra, França e Estados Unidos. As antigas ideias políticas, sociais e econômicas do feudalismo, centradas na agricultura de subsistência, foram gradualmente substituídas pela filosofia do liberalismo clássico. Esse novo sistema defendia a democracia limitada, a igualdade de oportunidades e a inviolabilidade da propriedade privada, preparando o terreno para a Revolução Industrial do século XIX.

Além das transformações sociais e políticas, o final do século XVIII também viu um avanço significativo nos conteúdos e formalismos matemáticos. Como visto na obra de João Filipe Queiró (1997), diversas áreas da matemática, que hoje são consideradas fundamentais em cursos de graduação, já eram exploradas de maneira significativa naquela época. As técnicas e os conceitos desenvolvidos naquele período são reconhecíveis e utilizados por estudantes contemporâneos, evidenciando o grau de sofisticação matemática alcançado ao final daquele século.

Por fim, na Idade Contemporânea, o século XIX é retratado como um período marcado por grandes descobertas e inovações tecnológicas, sobretudo relacionadas à eletricidade. Essas transformações impactaram diretamente a matemática, que vivia o auge do paradigma newtoniano, fundamentado na visão determinista do universo formulada por Isaac Newton. Esse período de apogeu, entendido também como um momento de síntese e de novos desafios, foi simbolicamente representado pelos 23 problemas propostos por David Hilbert no Congresso Internacional de Matemáticos, realizado em Paris, em 1900. Tais problemas foram enunciados como questões fundamentais a serem investigadas no século XX, orientando pesquisas e influenciando profundamente o desenvolvimento da matemática moderna (D'Ambrosio, 2002).

Trazendo o início do século XX, três escolas de pensamento relacionadas ao saber matemático que surgiram a fim de solucionar os profundos problemas apresentados durante a “crise dos fundamentos”², ganharam vulto em âmbito internacional, “a saber, o logicismo, o intuicionismo e o formalismo” (Mutti et al., 2019, p. 314).

² *A crise dos fundamentos da matemática foi um período de grande debate e incerteza na matemática, que ocorreu principalmente no final do século XIX e início do século XX. Este período foi marcado por uma série de descobertas e paradoxos que desafiaram as bases da matemática então estabelecidas.*

Quadro 1: Concepções das escolas do Logicismo, Intuicionismo e Formalismo.

Logicismo	Reduzir a Matemática em termos lógicos, propondo, demonstrar analiticidade de determinada proposição a partir das leis gerais da lógica.
Intuicionismo	A Matemática deve ser sistematizada partindo sempre da intuição. Para tanto utiliza-se de um número finito de passos, a partir dos números naturais, “métodos construtivos”, dados intuitivamente.
Formalismo	Formalizar toda a Matemática Clássica em um sistema formal consistente e completo, utilizando demonstrações procedendo a axiomatização de toda Matemática.

Fonte: Loureiro; Kluber, 2015

A partir da segunda metade do século XX e entrando no século XXI, a matemática passou por uma profunda transformação, e como parte dela pode se citar suas relações com outras disciplinas. A integração com áreas como biologia, psicologia e ciências humanas tornou-se cada vez mais presente e expressiva, levando, assim, a um novo modo de pensar matemático. Essa interdisciplinaridade tem aberto novas oportunidades que proporcionam percepções valiosas, ampliando o alcance e a aplicação da matemática.

Essas novas direções implicam uma mudança profunda na forma de compreender e ensinar matemática, que deixa de se restringir apenas a procedimentos lineares e números exatos, para abranger também a interpretação de situações complexas, com ênfase em aspectos qualitativos, como o raciocínio, o contexto e o significado. O grande desafio da educação matemática é incorporar essas tendências de maneira eficiente no ensino desde os níveis básicos da educação (D'Ambrosio, 2002). Do ensino fundamental ao superior, é essencial que os currículos escolares e universitários se adaptem continuamente a essas mudanças, de modo a oferecer aos estudantes uma formação que os prepare para enfrentar problemas cada vez mais complexos. Isso envolve não apenas o domínio de novas técnicas e teorias, mas também a promoção de um pensamento crítico, criativo e interdisciplinar.

2.2 UMA REVOLUÇÃO TECNOLÓGICA NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA COM GEOGEBRA

Idem (2022) traz a computação como uma prática humana de longa data e que tem na Matemática suas raízes associadas, sendo apresentada como um recurso que apareceu para facilitar os cálculos, tornando, desse modo, possível que as pessoas sem conhecimentos avançados realizassem operações corretas.

Atualmente, é exponencial o crescimento dos avanços tecnológicos no mundo. Estamos presenciando uma era em que as máquinas são utilizadas em quase todos os aspectos da vida cotidiana. Contudo, esse progresso tecnológico, por vezes, prossegue a encontrar, ainda, "portas fechadas" à sua inclusão nas tendências de ensino de educação matemática (Ferreira, 2010). Os motivos são variados, desde críticas ingênuas de certos matemáticos e educadores que ainda insistem em ensinar uma matemática desinteressante e obsoleta (D'Ambrosio, 2002) até a falta de infraestrutura que muitas escolas enfrentam, não sendo capazes de incorporar os dispositivos e espaços necessários para a prática deste sistema de ensino mais inovador.

O GPIMEM, Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática, coordenado pelo Professor Doutor Marcelo Borba, o qual faço parte, busca sempre articular em suas pesquisas e discussões a tecnologia trabalhada junto a matemática, como forma de acrescentar qualidade e reconhecer a importância e o potencial das tecnologias digitais para educação.

Borba (1999), ao discutir o uso das tecnologias informáticas na educação matemática, destaca como esses meios contribuem para a reorganização do pensamento. O autor defende que as mídias, especialmente a informática, desempenham um papel fundamental no desenvolvimento do pensamento matemático, ao ampliarem as formas de representar, explorar e compreender conceitos matemáticos. Baseando-se nas ideias de Levy (1993) e Tikhomirov (1981), Borba argumenta que o pensamento matemático é transformado quando a interação entre seres humanos, computadores e outras tecnologias é considerada como um "coletivo pensante", ou seja, um pensamento construído em interação com diferentes elementos.

Embora reconheçamos as vantagens que a utilização das tecnologias no ensino nos proporciona, não nos escapa os desafios que esta, por sua vez, pode apresentar. Além do obstáculo que essa nova metodologia de ensino mais integrada com as novas tecnologias enfrenta com a carência de aparatos eletrônicos suficientes nas instituições de ensino, esta também encontra em seu caminho a falta de familiaridade de muitos professores e a necessidade de aperfeiçoamento desses profissionais para utilizar qualquer software de maneira adequada e significativa para com os seus alunos em suas atuações pedagógicas.

A educação contemporânea é composta por um sistema onde temos a grande maioria dos alunos com um conhecimento dos recursos tecnológicos, sobretudo o computador, e professores que não tiveram o contato com essas novas tecnologias durante sua formação, ou que tiveram apenas noções básicas e pouca ou nenhuma metodologia de sua aplicabilidade (Ferreira, 2010, p. 02).

A dificuldade em integrar as novas tendências da matemática ao ensino exige soluções criativas e acessíveis. Neste contexto, o software de geometria dinâmica e de multiplataforma, o GeoGebra, se destaca como um poderoso recurso de aprendizado para os alunos ao combinar geometria, álgebra, tabelas, gráficos, estatística e cálculo numa única aplicação.

O GeoGebra, disponível gratuitamente para todos, oferece uma plataforma intuitiva e amigável, com uma interface e menus de construção que se baseiam na linguagem clássica da geometria (Dutra, 2011). Isso facilita a familiarização dos alunos com os conceitos geométricos, tornando o aprendizado mais natural e descomplicado.

Nesse cenário o aluno tem a possibilidade de desenvolver a capacidade de pensar em conjunto com a tecnologia. Isto está corroborado com a Base Nacional Comum Curricular (2017), que orienta que a aprendizagem em Matemática está intrinsecamente relacionada à compreensão, ou seja, à apreensão de significados dos objetos matemáticos, sem deixar de lado suas aplicações (Dickel; Notare, 2018, p. 01).

A disponibilidade do idioma português, além de facilitar o acesso para alunos brasileiros, torna a experiência de aprendizado fluida e mais facilitada, uma vez que a comunicação e interação com o software não possui a barreira do idioma. Dessa maneira, ao eliminar as barreiras linguísticas é permitido que os alunos se concentrem na exploração e compreensão dos conceitos matemáticos que precisam ser trabalhados.

Este software impactante foi criado por Markus Hohenwarter em 2001 e, ao longo dos anos, foi conquistando seu posto de tecnologia inovadora na educação matemática. Tal posição é merecida, visto que, como comentado por Lieban e Müller (2012, p. 49), “através de atividades com o GeoGebra, podemos criar um ambiente mais propício para a aprendizagem de matemática”. Devido a isso, desde seu lançamento, vemos um número cada vez maior de professores e pesquisadores demonstrando um interesse didático-pedagógico e acadêmico com relação ao uso do software em questão no ensino e aprendizagem da Matemática (Borba, Scucuglia, Gadanidis, 2014).

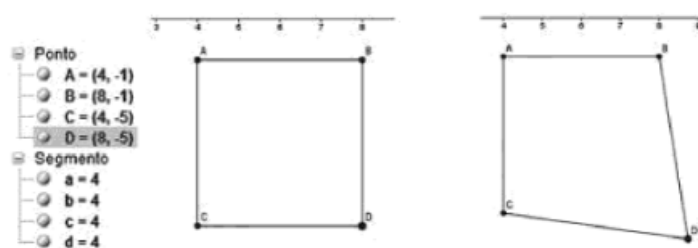
Para Basso e Notare (2015), o surgimento das tecnologias e dos ambientes dinâmicos proporcionou a evolução tanto da Matemática, quanto da Educação Matemática e um exemplo disso pode ser observado com a “prova do arrastar”, que trata-se de uma estratégia utilizada em ambientes de geometria dinâmica, na qual se movimentam (ou “arrastam”) elementos de uma construção geométrica — como pontos, lados ou ângulos — para observar se determinadas propriedades permanecem invariáveis. Essa ação permite testar conjecturas, identificar padrões e investigar relações matemáticas de forma visual e interativa, servindo como ponte entre a experimentação e a formalização do conhecimento. Os softwares de geometria dinâmica apresentam no ensino de geometria um diferencial, especialmente por serem capazes de

diferenciar um desenho e uma construção, ou ainda, diferenciar o “estar e o ser” (Viana; Jordane, 2022, p.04).

Em uma construção, a figura sempre preserva suas propriedades fundamentais³ quando um dos elementos ‘móveis’⁴ que a compõem é arrastado. Se arrastarmos uma figura e ela não mantiver suas propriedades fundamentais, a figura é apenas um desenho (Borba, Scucuglia, Gadanidis, 2014, p. 32).

Para evidenciar a relevância de uma construção rigorosa no contexto da geometria dinâmica, Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014) apresentam dois exemplos elaborados no software GeoGebra. No primeiro (Figura 1), a figura não resiste à chamada 'prova do arrastar': ao mover-se um de seus elementos, a construção se deforma, perdendo as propriedades geométricas que a definem originalmente. Esse resultado decorre do fato de que a figura foi construída de forma empírica, sem que houvesse o estabelecimento adequado das dependências e relações geométricas necessárias para garantir sua consistência estrutural. Em contrapartida, o segundo exemplo (Figura 2) ilustra uma construção concebida de maneira formal e fundamentada, utilizando procedimentos e ferramentas corretas, tais como a definição de segmentos a partir de dois pontos, a determinação de retas perpendiculares, a construção de círculos com centro em um ponto e raio definido, bem como a identificação das interseções entre objetos geométricos. Graças a esse rigor metodológico, a figura mantém suas propriedades inalteradas mesmo quando seus elementos são deslocados, passando, portanto, no teste do 'arrastar'. Esse contraste revela que, na geometria dinâmica, a robustez da construção não depende apenas da aparência visual inicial, mas da forma como as relações matemáticas são estabelecidas no processo de elaboração.

Figura 1: Desenho de um quadrado que não resiste à prova do arrastar

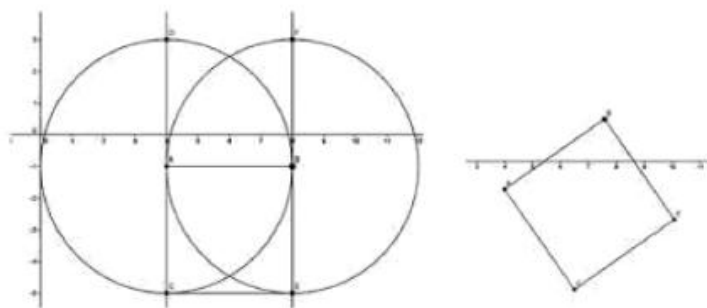


Fonte: Borba; Scucuglia; Gadanidis, 2014.

³ Propriedades que definem a figura enquanto objeto geométrico.

⁴ Dependendo do software e da forma de criação da figura, alguns elementos d figura são fixos, não podem ser arrastados.

Figura 2: Construção de um quadrado que resiste à prova do arrastar



Fonte: Borba; Scucuglia; Gadanidis, 2014.

A diferença entre "desenhar" e "construir" era algo abstrato quando trabalhávamos com ferramentas tradicionais como lápis, papel, régua e compasso. Mas, com a chegada dos softwares de Geometria Dinâmica, essa distinção se tornou significativa, pois esses programas permitem que os alunos manipulem objetos geométricos de uma maneira mais interativa, criando uma nova diferenciação entre desenho e construção (Borba; Scucuglia; Gadanidis, 2014).

A Geometria Dinâmica e Interativa, como argumentam Arcavi e Hadas (2000), impulsiona uma nova perspectiva no ensino de geometria, onde a experimentação e a criação de objetos geométricos se tornam meios para a construção de conjecturas. Essa abordagem, de acordo com Nascimento (2012, p. 115-116), permite que o conceito matemático de um objeto seja apresentado a partir da resposta gráfica oferecida pelo software GeoGebra, “surgindo naturalmente daí o processo de questionamento, argumentação e dedução”.

O programa GeoGebra, através da sua capacidade de unir a geometria, juntamente com a álgebra e o cálculo, tem se revelado um ótimo aliado na elaboração de atividades em matemática. Sua interface visual e de fácil compreensão possibilita trabalhar os conceitos de uma maneira experimental e ativa, tornando o aprendizado mais motivador. O potencial do GeoGebra vem sendo bastante desenvolvido por pesquisadores do GPIMEM e por diversos outros educadores matemáticos ao redor do mundo em distintos níveis de ensino, o que trouxe a elaboração de vários exemplos e recursos inovadores para a educação matemática.

2.3 INTELIGÊNCIAS ARTIFICIAIS, UMA NOVA ERA?

A imagem de “cérebros eletrônicos” ligados por fios a uma tomada que são capazes de “pensar” e dialogar é fascinante e assustadora ao mesmo tempo. Afinal de contas, sempre existiu uma crença de que pensar e agir racionalmente, isto é, realizar tarefas para as quais se

acredita que a inteligência é necessária, é uma particularidade do ser humano, é que o separa dos outros seres. (Teixeira, 2019). A proposta de que máquinas poderiam imitar tal capacidade cognitiva, e talvez até superar, coloca a humanidade em um terreno desconhecido, obrigando-as a reavaliar a sua própria natureza e a sua relação com a tecnologia.

Conforme narra João Teixeira (2019), a empreitada em busca do desenvolvimento de "máquinas pensantes" ou inteligência artificial é um projeto em ação por cientistas de várias disciplinas, tais como: a linguística, a psicologia, a filosofia e a ciência da computação. Estes pesquisadores compartilham a crença de que é possível desenvolver "máquinas que pensam", com base no desenvolvimento de programas de computadores sofisticados, pois esta crença é alimentada pela visão de que a mente humana é operada como um computador, e que o estudo dos programas computacionais é de suma importância para compreender como a consciência humana funciona.

Alan Turing, que é tido como um dos pais da ciência da computação, foi pioneiro em articular uma ampla visão da Inteligência Artificial (IA) em seu artigo de 1950, "*Computing Machinery and Intelligence*". Neste trabalho, Turing propôs o famoso Teste de Turing, um teste que gira em torno de três elementos: uma pessoa, um computador e um interrogador humano (juiz) que são mantidos em salas separadas e que podem se comunicar somente por texto impresso. Nesta ocasião, a máquina e o ser humano mantem uma conversação entre si e o juiz analisa o conteúdo enquanto tenta responder qual é a máquina e qual é o ser humano. Trazendo à tona, desse modo, o questionamento de Turing: “poderia a máquina imitar o pensamento humano e confundir o juiz?” (Onody, 2021, p. 04).

O Teste de Turing se baseia na premissa de que, se uma máquina consegue se comunicar e se comportar de forma indistinguível de um ser humano, então ela pode ser considerada inteligente. Logo, se ao realizar o teste e o interrogador (juiz) não conseguir determinar quais respostas são provenientes de uma máquina, então, a máquina teria passado no teste, demonstrando capacidade de simular inteligência.

Passando para o século XXI, a inteligência artificial (IA) deu um salto significativo com o lançamento do ChatGPT⁵ (sigla para “*Generative Pre-Trained Transformer*”), um poderoso sistema de diálogo de geração de texto desenvolvido pela OpenAI e disponível para acesso público. O ChatGPT é um modelo de linguagem baseado em *deep learning* (aprendizagem profunda), um dos ramos da inteligência artificial. Ele utiliza um algoritmo de “redes neurais” que, treinado com um imenso volume de dados de linguagem humana, permite

⁵ <https://chat.openai.com>

estabelecer conversas com usuários de forma natural e exata. Desenvolvido em 2019, o ChatGPT consegue entender o contexto das solicitações e responder de forma precisa às perguntas apresentadas pelos usuários (Fia, 2024).

Hill-Yardin, Hutchinson, Laycock e Spencer (2023) relatam em sua publicação ao *“Brain, Behavior, and Immunity”* o caso de Manohar e Prasad, que em um artigo publicado recentemente, propuseram um experimento ousado: deixar um software escrever parte do artigo para eles. A ideia, embora intrigante, levantou questionamentos sobre as implicações dessa prática na produção de conhecimento científico.

Apesar de gerar referências no formato correto, o software utilizado por Manohar e Prasad (2023) produziu citações duplicadas e, em sua maioria, sem correspondência a trabalhos reais. No entanto, o texto gerado pelo software é surpreendentemente bom, apresentando uma introdução sobre a interação entre lúpus e HIV de forma lógica e gramaticalmente correta. Escrito com uma linguagem simples, o texto gerado mostrou potencial para alcançar um público amplo, mesmo sem conhecimento técnico na área.

Contudo, após uma análise do conteúdo sintetizado, os autores concluíram que o texto não fornecia dados científicos precisos, mesmo legível, estava longe dos requisitos da redação acadêmica (Trindade; Oliveira, 2024).

Em geral, o texto gerado foi inofensivo e apresentou o que parece ser um consenso geral sobre o tema. Embora eficiente e preciso, o texto escrito pelo software mostrou um problema: ele é superficial, sem graça, seco e genérico. Falta-lhe uma "voz" autêntica, soando mais como um robô do que um ser humano.

Ainda segundo Hill-Yardin e companhia, esse estilo robótico acaba por não ser exclusivo do texto gerado por IA. Muitos artigos científicos também pecam por terem uma linguagem formulaica e serem carentes de superlativos. Essa falta de personalidade, pode ocasionar, muitas vezes, em uma leitura cansativa e de difícil assimilação do conteúdo. Para combater essa monotonia e diferenciar os textos escritos por humanos daqueles produzidos por IA, talvez seja necessário buscar mais diversidade na forma de escrever. Abrir espaço para a expressão da individualidade, incluindo a discussão de erros e hipóteses não comprovadas, pode tornar os artigos científicos mais interessantes e engajadores. Essa abordagem também pode trazer benefícios para o campo científico como um todo, promovendo a transparência e o debate aberto de ideias.

Apesar de ser uma tecnologia recente, o ChatGPT já está sendo implementado em diversas áreas, como educação, saúde e negócios. No campo da educação, o ChatGPT se destaca como uma mídia poderosa para auxiliar alunos em suas dúvidas e aprimorar seu

aprendizado, sendo útil em diferentes níveis de ensino, do fundamental ao superior (Monteiro, 2023).

A inteligência artificial, com suas capacidades se tornando cada vez mais avançadas, suscita questionamentos sobre o futuro da escola e da profissão docente. Essa discussão, no entanto, não é nova. A introdução de tecnologias como a calculadora e o computador já gerou debates sobre o impacto na capacidade de raciocínio dos alunos e no futuro da profissão do educador.

Essas perguntas têm sido feitas de forma recorrente nas últimas cinco décadas. No entanto, é importante observar que, embora as tecnologias tenham trazido mudanças significativas para o campo educacional, elas não substituem integralmente o papel do professor. Na verdade, essas ferramentas podem ser aproveitadas como recursos complementares e fornecer apoio ao processo de ensino e aprendizagem (Borba; Balbino Junior, 2023, p. 146).

Apesar dos avanços da Inteligência Artificial generativa, Borba e Balbino Junior afirmam que a tecnologia ainda está em desenvolvimento e apresenta limitações. A inteligência artificial requer treinamento intensivo com grandes volumes de dados para funcionar corretamente. Embora as tecnologias transformem o ensino, o papel do professor continua crucial, envolvendo mediação, estímulo ao pensamento crítico e acompanhamento individualizado dos alunos. Em vez de serem substituídos, os autores acreditam que os professores podem utilizar a IA como um caminho para enriquecer o ensino e promover melhores experiências de aprendizagem.

2.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A história da humanidade está ligada de forma intrínseca com a sucessiva evolução da tecnologia e das ciências. Ao longo de milênios, ambas as áreas se entrelaçaram, impulsionando-se mutuamente em um processo de constante aprimoramento. A matemática, sobretudo seu ensino, foco deste capítulo, também se beneficiou dessa dinâmica, construindo sua trajetória sobre a base de conceitos e técnicas que se acumulam ao longo do tempo. A cada nova descoberta tecnológica, a educação matemática é capaz e precisa se integrar, adaptando suas metodologias e abordagens para incorporar as novas possibilidades e desafios que surgem. A velocidade e a intensidade da inovação tecnológica nas últimas décadas levaram a avanços significativos na educação matemática e na investigação tecnológica, e à criação de ferramentas e materiais que mudaram a forma como estas disciplinas são ensinadas e trabalhadas. O que antes era inimaginável agora é realidade, abrindo novas perspectivas para o futuro do ensino.

3. EXPLORANDO NOVAS PERSPECTIVAS NA EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

É de conhecimento empírico que o ritmo vertiginoso dos avanços tecnológicos provoca constantes transformações sociais que atingem diretamente o sistema de ensino, que deve estar atento às mudanças e acompanhá-las proativamente, com vista à aproximação dos alunos com a realidade futura e a sua prosperidade. É cada vez mais notória a necessidade de acompanhar e adicionar novos padrões da sociedade à educação, guiando e preparando os/as estudantes na resposta aos desafios e problemáticas do Séc. XXI. (Quina, 2022, p. 945)

Por mais de uma década, uma investigação tem sido conduzida com o objetivo de examinar os modelos de realizar integrações entre os domínios do ensino e aprendizagem que englobem a matemática, a ciência, as artes e as tecnologias. O propósito intrínseco a essa incursão prolongada vai além da simples análise, ele procura suscitar, para o educador e educando, que a disciplina matemática transcende a simples abstração, ela se apresenta como uma vivência profundamente estética, impregnada de surpresa e beleza. Nos últimos anos, fruto dessa exploração, emergiu uma abordagem genuinamente promissora, que se dedica à engenhosidade na concepção de experiências matemáticas enriquecidas pela sinergia entre a arte e a tecnologia (Namukasa; Hughes; Scucuglia, 2021).

3.1 SOBRE A EDUCAÇÃO STEM E A SUA HISTÓRIA

No mundo, é aparente uma tendência no cenário educacional, com diversos países adotando um modelo de ensino centrado em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, denominado STEM (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics*). Esta metodologia de ensino com viés inovador, veio com o propósito de unir essas disciplinas para fomentar um aprendizado mais abrangente e interdisciplinar.

A educação STEM, ganhou força nos Estados Unidos, onde foi inicialmente implementada, e seus êxitos estão atribuídos em muitas das vezes a sua capacidade de conectar teoria e prática, estimulando, consequentemente, a busca por soluções inovadoras para problemas reais. A integração de ciências, tecnologia, engenharia e matemática cria um ambiente de aprendizagem dinâmico e relevante, que promove uma educação ligada a experimentações e a inovações. À medida que essa abordagem se difunde, sua influência no desenvolvimento curricular e na preparação profissional se torna cada vez mais significativa, impulsionando uma nova forma de aprendizado.

Acerca deste termo, foi durante a década de 1990 que a *National Science Foundation* (NSF), agência federal independente que apoia a ciência e a engenharia em todos os 50 estados e territórios dos EUA. trouxe a abreviação “SMET” como uma maneira de representação para

“science, mathematics, engineering and technology”. Contudo, diante de uma insatisfação manifestada por um funcionário do programa da NSF, que apontou a semelhança sonora entre "SMET" e "smut" (obscenidade em inglês), surgiu a necessidade de reformulação. Assim, foi concebido, em 2001, o acrônimo "STEM" para substituir a anterior denominação (Sanders, 2009; Breiner *et al.*, 2012).

Até o ano de 2003, o entendimento limitado sobre o significado do termo STEM era evidente, revelando que uma parcela relativamente pequena da população estava familiarizada com essa expressão. Entretanto, conforme os americanos se conscientizaram da crescente interconexão global proporcionada pela inovação tecnológica, que culminou em um notável “achatamento do globo”⁶, no qual o campo de competição global passou a incorporar contribuições mais abrangentes de nações além do tradicional "Ocidente industrializado" (Friedman, 2005, *apud* Sanders, 2009, p. 20), a percepção coletiva se transformou.

Nesse contexto, a percepção emergente indicava que China e Índia estavam trilhando uma trajetória ascendente, preparando-se para superar os Estados Unidos na esfera econômica global, sobretudo por meio de conquistas notáveis em Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM). Esse paradigma levou a uma significativa alocação de recursos norte americano em direção a todas as áreas vinculadas a STEM, instaurando um estado de frenesi STEM. Agora, quase universalmente, observa-se que uma parte considerável das pessoas possui algum nível de conhecimento sobre o acrônimo STEM (Sanders, 2009), indicando uma mudança profunda na conscientização pública quanto à importância dessas disciplinas no cenário educacional e econômico contemporâneo.

Em um primeiro momento, a definição do termo “educação STEM” é simples: a integração de ensino de ciências e matemática, juntamente com os novos conteúdos oriundos de áreas emergentes que se destacaram na sociedade nas últimas décadas, com ênfase notável para a computação. “Tudo isso acrescido de uma nova metodologia de ensino” (Pugliese, 2017, p. 38). Contudo, para Pugliese (2017), o significado do acrônimo ultrapassa essa interpretação inicial, revelando-se como um tema intrincado e multifacetado de significados, que se estende para além da mera combinação de disciplinas. O conceito de educação STEM, na atualidade, é permeado por nuances e interconexões que abrangem não apenas a diversidade disciplinar, mas também a interação dinâmica entre ciências, tecnologia, engenharia e matemática, incorporando de maneira integral aspectos metodológicos que visam estimular habilidades

⁶ De acordo com Thomas Friedman, o mundo está achatado porque o campo de jogo foi nivelado pelo globalismo. As pessoas que hoje vivem em países do terceiro mundo distantes podem participar nas economias dos países do primeiro mundo.

fundamentais para a resolução de problemas complexos e a inovação, moldando assim a experiência educacional de maneira mais abrangente e impactante.

3.1.1 STEM em um contexto global

Diante do atual panorama, torna-se essencial aprofundar a percepção de que a educação STEM representa um movimento que tem suas raízes nos Estados Unidos, mas que posteriormente se expandiu para outras nações de maneira abrangente. Este fenômeno, nascido na América do Norte, adquire uma relevância inegável em escala global, emergindo como uma tendência fundamental que transcende fronteiras e cativa a atenção de diversos países. Para elucidar o processo que culminou na disseminação da educação STEM nos EUA e as políticas subjacentes a esse movimento, Gustavo Pugliesi (2017, p. 41-42) identifica três elementos de relevância primordial, os quais são:

1. O papel que a inovação desempenha nas sociedades, “associado às transformações tecno-científicas as quais nos influenciam seja na sala de aula, seja nas mais altas esferas políticas”.
2. A divulgação de uma série de relatórios alertando sobre “uma escassez de profissionais capacitados nas áreas STEM” nos Estados Unidos e indicando que isso poderia resultar na perda de competitividade econômica.
3. A publicação de “relatórios internacionais indicando baixo desempenho e interesse dos estudantes norte-americanos em várias áreas, incluindo ciências”.

Seguindo uma linha de raciocínio semelhante, as autoras Susan Blackley e Jennifer Howell (2015) também propõem uma perspectiva que se alinha à interpretação de que, nos Estados Unidos, a retórica envolvendo o STEM encontra suas raízes, em grande medida, em uma resposta política à potencial ameaça à supremacia global do país. Essas pesquisadoras não apenas fornecem uma análise do cenário norte-americano, mas também lançam luz sobre a trajetória do Reino Unido nesse movimento, cujo foco inicial era apenas recaído para as áreas de ciência, engenharia e tecnologia (SET - science, engineering and technology), até que, por volta do ano de 2006, esse paradigma evoluiu de maneira significativa para englobar o conceito mais abrangente de STEM.

Além disso, as autoras ressaltam que o comprometimento britânico com o STEM é conceitualizado em termos de capital humano, enfatizando a importância estratégica que o investimento nessas disciplinas desempenha no desenvolvimento da força de trabalho e na inovação do país, visto que “a melhor maneira para o Reino Unido competir, em uma era de

globalização, é ingressar em bens, serviços e indústrias de alto valor. Um sistema eficaz de ciência e inovação é vital para alcançar esse objetivo” (Sainsbury, 2007, p.3 apud Blackley; Howell, 2015, p. 102, tradução nossa).

Ainda conforme escrito por Blackley e Howell, os países asiáticos dotados de sistemas educacionais altamente eficazes e economias em ascensão, tais como Coreia, Japão, China e Taiwan, implementaram políticas nacionais abrangentes em relação à ciência e tecnologia. Ademais, essas nações têm destinado investimentos substanciais em pesquisa e desenvolvimento, promovidos tanto por instituições acadêmicas quanto pela indústria.

A abordagem integrada do STEM representa uma preocupação central para os responsáveis pelas políticas em nível global. Em diversas nações, as discussões em torno do STEM evoluem, destacando alegações acerca da escassez de mão de obra qualificada. No entanto, os relatórios elaborados por consultores especializados esclarecem que não existem condições de escassez generalizada em nenhum lugar. Apesar de episódios de escassez em campos específicos, como engenharia e computação na Austrália, a realidade subjacente à agenda econômica de políticas STEM reside predominantemente na necessidade de elevar a qualidade global do suprimento de capital humano (Marginson *et al.*, 2013). Além disso, a agenda busca expandir os grupos de profissionais altamente habilitados, capazes de conduzir pesquisas, gerar inovação comercializável e oferecer respostas eficazes às rápidas mudanças tecnológicas.

As qualificações STEM, de acordo com Marginson e companhia (2013), preparam os graduados para uma ampla gama de ocupações, abarcando até mesmo funções relacionadas à gestão. Assim, o STEM desempenha uma função profissional genérica, capacitando indivíduos não apenas para adentrar no mercado de trabalho em campos especializados, mas também para atuar de maneira abrangente em diversas ocupações.

Num contexto mais amplo, como visto na obra “*STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education*” de Marginson, Tytler, Freeman e Roberts (2013), os governos visam elevar o nível geral de literacia científica em suas populações, buscando envolver a maioria ou a totalidade dos estudantes em estudos avançados em STEM no ensino médio, concebendo uma abordagem de “ciência para todos”. Daí a centralidade atribuída ao STEM. As disciplinas STEM são percebidas como indispensáveis não apenas para a esfera profissional e a cidadania, mas também como impulsionadoras de uma vantagem competitiva significativa na economia global, ao mesmo tempo em que fomentam a criatividade no âmbito social. Uma correlação

estreita emerge entre as nações com economias líderes e dinâmicas e aquelas que apresentam sistemas educacionais e de pesquisa científica excepcionalmente fortes.

Na Organização para Cooperação Econômica e do Desenvolvimento (OCDE's) Programa para Avaliação Internacional de Alunos (PISA), que compara o desempenho dos alunos em matemática e ciência aos 15 anos, as nações/sistemas com o maior grupo de alunos entre os três primeiros níveis de proficiência são Xangai na China, Cingapura, Hong Kong (Região Administrativa Especial da China), Taiwan, Coreia, Finlândia e Suíça. Estes são também os sistemas com a menor proporção de pessoas com baixo desempenho no PISA. Parece que não é necessário escolher entre impulsionar grandes conquistas e a eliminação de desvantagens educacionais (Marginson; Freeman; Roberts, 2013, p. 14, tradução minha).

Definir a educação STEM em cada país é uma tarefa difícil. Não temos investigação suficiente para compreender totalmente um panorama global sobre o assunto. Uma iniciativa de grande relevância que poderia ser dada no sentido de favorecer a compreensão do panorama mundial, possivelmente seria o mapeamento de políticas voltadas para a educação STEM, além de programas, relatórios, fundos, plataformas e apoiadores independentes em educação STEM, visto que, o estudo da educação STEM em diferentes contextos culturais e econômicos permite uma compreensão mais abrangente dos fatores que contribuem para o sucesso ou desafios nessa área. Isso pode incluir variáveis como políticas governamentais, investimentos, cultura educacional e necessidades do mercado de trabalho (Pugliese, 2017).

3.1.2 STEM no Brasil

No Brasil, a incorporação do termo STEM é um fenômeno recente e ainda se manifesta de maneira discretamente perceptível, especialmente predominando na esfera da educação privada. No entanto, é possível identificar que a abordagem STEM está alinhada com as demandas emergentes nas políticas públicas educacionais do país. Esse alinhamento é evidenciado em iniciativas como a Lei Nº 13.415, que se refere ao Novo Ensino Médio, no Edital de Convocação Nº 03/2019 – CGPLI do Programa Nacional do Livro Didático e do Material Didático de 2021, bem como na Base Nacional Comum Curricular (Lopes; Ocampo; Tolentino Neto; Dávila, 2022). A presença do STEM nessas diretrizes reflete a sua crescente relevância e reconhecimento como uma abordagem alinhada com as necessidades contemporâneas e as orientações educacionais oficiais no Brasil.

Nesse sentido, é perceptível o crescente interesse dos educadores em integrar essa mentalidade inovadora à educação. Estes têm tomado atitudes, tanto teóricas como práticas, com uma intencionalidade de ampliar as oportunidades para que os estudantes se engajem mais solidamente nas disciplinas STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática), áreas estas abarcadas onde se identifica frequentemente maiores desafios de aprendizagem e grande

difficuldade de compreensão e até mesmo interesse pelos estudantes (Martin, 2015 *apud* Lopes *et al.*, 2019). Tal concepção do ensino não apenas reforça a capacidade dos alunos em operacionalizar os conceitos apreendidos na teoria, mas também representa uma alavanca no sentido de facilitar a introdução de correntes que ofereçam saídas para os desafios educacionais contemporâneos.

O cenário educacional brasileiro tem assistido a um crescente movimento em busca de novas estratégias metodológicas que superem o ensino tradicional e promovam uma aprendizagem significativa, especialmente nas áreas de ciências. Dentro dessa busca, a abordagem STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) surge como um caminho promissor, incentivando práticas que colocam o estudante como agente ativo na construção do conhecimento. Dois exemplos distintos ilustram a versatilidade e o potencial dessa abordagem no contexto nacional.

Uma dessas frentes é a que integra a cultura Maker ao ensino, como no projeto documentado por Lopes *et al.* (2019). Nessa iniciativa, alunos dos anos finais do ensino fundamental foram desafiados a produzir e desenvolver seus próprios jogos digitais, que, posteriormente, foram compartilhados com os colegas dos anos iniciais. Ao criar um produto palpável e funcional, os estudantes mais velhos não apenas aplicaram conceitos de tecnologia e design, mas também assumiram um papel de mentoria e protagonismo, apresentando o fruto de seus estudos à comunidade escolar. O projeto evidencia como a abordagem STEM pode materializar o aprendizado em um ciclo completo de criação, aplicação e socialização do conhecimento.

De forma complementar, a pesquisa de Araújo *et al.* (2021) ilustra uma vertente distinta e fundamental da inovação pedagógica: o uso de simuladores virtuais para materializar conceitos abstratos. É revelador que, embora a iniciativa não se autodenomine STEM, ela personifica seus pilares essenciais. No estudo, os pesquisadores investigaram o uso da plataforma PhET (Physics Educacional Technology) no ensino de Física, um campo frequentemente percebido como difícil e teórico. Eles viram que ao mobilizarem a Tecnologia (T) como um laboratório interativo, era permitido que os estudantes visualisassem e manipulassem fenômenos, transformando-os em agentes ativos na exploração da Ciência (S) e da Matemática (M) subjacentes. Os resultados mostraram que essa metodologia, alinhada à aprendizagem significativa, tem grande potencial para promover a evolução conceitual frente às limitações do ensino expositivo, demonstrando como a integração e a aprendizagem ativa convergem naturalmente para os objetivos do movimento STEM, independentemente do rótulo adotado.

Ambos os exemplos, embora distintos em suas tecnologias — um focado na criação física e no design de jogos (Lopes et al., 2019) e o outro na experimentação virtual e modelagem de fenômenos (Araújo et al., 2021) —, compartilham um núcleo pedagógico comum: eles rompem com o modelo de transmissão passiva de conteúdo. Essas práticas demonstram a versatilidade da abordagem STEM no Brasil, mostrando que, seja através da construção de um artefato concreto ou da exploração de um laboratório virtual, é possível criar ambientes de aprendizagem engajadoras, que promovem o raciocínio crítico e uma compreensão mais profunda e conectada da ciência e da tecnologia.

No âmbito das políticas de financiamento STEM, Pugliese (2017) destaca a iniciativa conjunta da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e do Conselho Britânico/Fundo Newton. Nesta iniciativa de 2015, foi lançado o *Programa de Cooperação Internacional STEM*, cujo objetivo primordial consistia em viabilizar estágios em programas STEM no Reino Unido para pesquisadores brasileiros. A proposta subjacente a essa iniciativa era proporcionar aos pesquisadores a oportunidade de adquirir conhecimentos e experiências no exterior, visando posteriormente à implementação de programas e ao estímulo de iniciativas no campo da Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM) ao retornarem ao Brasil.

As interpretações dessa tendência estão longe de alcançar a exaustão. Perante o atual contexto no qual o STEM se desvela, é indispensável realizar investigações que nos conduzam à compreensão mais profunda de seu real significado e do impacto que projeta sobre a realidade brasileira, já que investir em educação STEM no Brasil é investir no potencial dos indivíduos, no progresso do país e na sua competitividade global. Proporcionar uma educação sólida e completa nas disciplinas STEM contribui para cultivar uma geração capacitada, criativa e pronta para enfrentar desafios.

3.2 DELINEANDO O SIGNIFICADO DE EDUCAÇÃO STEM

Antes de falar sobre educação STEM, cabe procurarmos responder a seguinte questão: O que é STEM?

Quadro 2 : O que é STEM

A questão do significado do termo STEM é central para a conversa sobre política federal. Algumas agências federais, como a National Science Foundation (NSF), geralmente usam uma definição mais ampla de STEM que inclui psicologia e ciências sociais (por exemplo, ciência política, economia), bem como física, ciências biológicas e engenharia (por exemplo, física, química, biologia, matemática). Outros, incluindo o Departamento de Segurança Interna (Department of Homeland Security - DHS) e o Departamento de Imigração e Alfândega dos EUA (U.S. Immigration and Customs Enforcement - ICE), usam uma definição mais restrita que geralmente exclui a maioria (mas não todas) das ciências sociais e se concentra na matemática, química, física, ciências da

computação e da informação e engenharia. No entanto, alguns analistas argumentam que as definições específicas das áreas são demasiado estáticas e que as definições de STEM devem centrar-se em “Um conjunto de práticas e processos que transcende as fronteiras disciplinares e do qual emerge conhecimento e aprendizado de um tipo específico” (Moon; Singer, 2012 apud Granovskiy, 2018, p. 02).

A falta de uma definição comum para STEM tem contribuído para a confusão e, até mesmo, resultados contraditórios em pesquisas de agências federais, acadêmicas e sem fins lucrativos sobre a situação da força de trabalho STEM e o fornecimento de mão de obra nos Estados Unidos. A fim de aumentar a comparabilidade dos dados, o Comitê de Políticas de Classificação Ocupacional Padrão (Standard Occupational Classification - SOC) interagências publicou recomendações para definir ocupações STEM em agosto de 2012. O Comitê de Políticas SOC recomendou que as ocupações STEM se enquadrassem em dois domínios: (1) Ciências, Engenharia, Matemática e Tecnologia da Informação, e (2) Relacionados à Ciência e à Engenharia.

Fonte: Adaptação de Granovskiy (2018).

Já acerca da concepção da educação STEM, para Xie, Fang e Schauman (2015), esta apresenta uma notável variabilidade conforme o nível educacional. E conforme destacado por Breiner *et al.* (2012), essa diversidade se reflete de maneira singular em nossa análise. Na primeira etapa do ensino fundamental, há um entrelaçamento intrínseco da educação STEM com o currículo escolar de matemática e ciências, que é obrigatória para todos os alunos. Nesse contexto, as investigações dedicadas à educação STEM na fase inicial do ensino fundamental direcionam seu foco para a análise da participação e desempenho dos estudantes, especialmente nas disciplinas de ciências e matemática, abordando essas áreas de conhecimento de maneira abrangente. À medida que avançamos nos níveis de ensino, a definição e implementação da educação STEM tornam-se gradativamente mais específicas e ajustadas, em consonância com a crescente especialização do currículo. Esse refinamento conceitual ocorre progressivamente, refletindo mais a dificuldade do processo educativo do que a urgência de ajustar as abordagens às idades e aos níveis cognitivos dos alunos a cada etapa de sua formação escolar.

Múltiplos autores elaboram propostas e recomendações para a educação STEM, defendendo a ideia de integração STEM como um princípio orientador nas práticas pedagógicas. No entanto, é importante notar que o significado e os níveis de integração podem ser objeto de controvérsias em diversas abordagens (Sanders, 2009; Honey *et al.* 2014; Ritz; Fan, 2015; Kelley; Knowles, 2016; English, 2016 *apud* Pugliese, 2017). Esses estudiosos sustentam, de acordo com Pugliese, a perspectiva de que a Educação STEM possui uma inerente propensão à integração, argumentando que essas disciplinas não podem ser isoladas e lecionadas de maneira independente.

Desse modo, duas abordagens gerais emergem na definição da educação STEM (Xie; Fang; Shauman, 2015). A primeira consiste em abranger a educação em qualquer campo identificado como STEM. Essa perspectiva reúne diversas disciplinas distintas com a premissa de que sua relevância conjunta impulsiona a inovação tecnológica, a competitividade, a

prosperidade e a segurança nacional. A segunda concepção mais comumente utilizada destaca as interconexões lógicas e conceituais entre diversas disciplinas STEM, concebendo a educação STEM como uma entidade unificada (Honey *et al.*, 2014). Essa abordagem exige uma coerência curricular e pedagógica entre os distintos campos STEM, promovendo uma compreensão integrada e sinérgica dessas áreas.

No âmbito da análise sobre a verdadeira essência do movimento da educação STEM, emerge uma consideração crucial relacionada à integração “do STEM” com as humanidades, especialmente as artes, originando o termo STEAM. É evidente que esse ponto não representa consenso generalizado e está longe de ser amplamente adotado pelos envolvidos. No entanto, constitui uma questão de relevância significativa, a qual será abordada mais detalhadamente a seguir.

3.3 SOBRE STEAM

Quando avaliamos as demandas da sociedade em que vivemos, podemos perceber que o modelo STEAM desempenha um papel de destaque. Isso se deve ao fato de que não é apenas crucial para os profissionais em ciência, tecnologia, engenharia e matemática possuírem conhecimentos tecnológicos, mas também que desenvolvam habilidades para gerar soluções inovadoras nas suas respectivas atividades. Além disso, é vital que profissionais de outras esferas e o público em geral, inseridos nas interações contemporâneas que extrapolam os limites profissionais, desenvolvam tais habilidades e competências essenciais para enfrentar os desafios de uma sociedade baseada em informação e altamente tecnológica (*National Society of Professional Engineers*, 2013).

À medida que avançamos no desenvolvimento do currículo STEM, educadores sustentam a ideia de que, para prosperar na sociedade do futuro, a juventude precisa possuir as habilidades necessárias do século XXI, tais como criatividade, inovação e empreendedorismo. Com a criatividade e inovação em jogo, cresce o debate entre os profissionais da educação acerca da integração das "artes" no currículo STEM como um estímulo para o desenvolvimento das tão essenciais qualidades buscadas nas presentes organizações sociais (Guyotte, Sochacka, Costantino, Walther, & Kellam, 2014 *apud* Khine; Areepattamannil, 2019).

Ainda neste panorama de integração das Artes no currículo STEM, Ge, Ifenthaler e Spector (2015) conceituam STEAM como a integração das artes liberais e humanidades à educação STEM; mas existem ainda algumas perspectivas de STEAM que utilizam simplesmente o 'A' para representar uma quinta área disciplinar - ou seja, artes.

A proposta de incluir a letra A (ou outras variações) no STEAM, conforme Pugliese (2021), parece também tentar evitar que Ciência e Tecnologia sejam vistas como superiores às outras áreas. É provável que a adição de outras letras busque impedir que o currículo STEM se torne excessivamente técnico e restrito.

Porém, Henriksen (2017) salienta que tratar o STEAM apenas como uma integração das artes apresenta desafios, principalmente, dado que muitos dos professores de ciências não são formados em artes. Isso gera a necessidade urgente de se pesquisar a forma pela qual a componente artística pode ser integrada, de forma significativa, no contexto STEM. Pugliese acrescenta, em sua tese, que as dificuldades de programas STEM e por parte dos professores para fazer a integração entre as áreas STEM já são muito difíceis de serem superadas, e esse desafio se torna mais difícil ainda ao se ampliar o modelo. Muitas das vezes, ainda que sendo apresentado como STEAM, o programa passa a ser, na prática, um STEaM nos quais o A tem apenas um componente estético e ilustrativo.

Em um currículo integrado às artes, as artes se tornam a abordagem do ensino e o veículo de aprendizagem. Os alunos alcançam objetivos de aprendizagem duplos quando se engajam no processo criativo para explorar conexões entre uma forma de arte e outra área de conhecimento, a fim de obter maior compreensão em ambas. (Silverstein; Layne, 2020, par. 14, tradução minha).

Lorenzin e Bizerra (2016, apud Vuerzler, 2020) destacam que a implementação do modelo de Educação Integrativa STEAM, quando aplicada de maneira adequada — isto é, por meio de práticas interdisciplinares que integrem efetivamente ciência, tecnologia, engenharia, artes e matemática em atividades contextualizadas — possibilita não apenas a estimulação da argumentação e da elaboração de justificativas, mas também cria situações que exigem uma análise abrangente e recontextualizada do conhecimento. Esse processo amplia a compreensão dos estudantes, permitindo-lhes lidar com os conteúdos de forma flexível, crítica e criativa. Tal enfoque conduz a um pensamento reflexivo e complexo, proporcionando um ambiente de aprendizagem que supera os limites de abordagens tradicionais e favorece a formação de sujeitos capazes de relacionar diferentes áreas do saber. Nesse contexto, a formação de professores de matemática desempenha papel central, uma vez que ainda há desafios em inserir plenamente a perspectiva STEAM nos currículos de formação inicial. Apesar de avanços pontuais, o modelo ainda não está consolidado de maneira sistemática, exigindo tanto políticas educacionais quanto práticas formativas que preparem os docentes para atuarem de forma integrada e interdisciplinar.

A execução eficaz do modelo STEAM, para Vuerzler (2020), demanda dos educadores um domínio aprofundado do mesmo, associado à familiaridade com o método

científico. Assim, é contundente que os professores possuam uma compreensão abrangente das disciplinas que compõem o STEAM ou colaborem de maneira produtiva com especialistas nessas áreas. Para além do conhecimento pedagógico e teórico, é essencial que detenham também um saber especializado acerca das estratégias de ensino que melhor atendam à transmissão de conteúdos STEAM aos estudantes.

Ademais, os professores que escolhem essa metodologia frequentemente enfrentam desafios consideráveis ao incorporar a tecnologia, sendo esta a área mais citada como causa de problemas por esses profissionais. Isso acontece, principalmente, pela falta de habilidade nas ferramentas e plataformas tecnológicas, além da dificuldade em estabelecer uma ligação efetiva entre os conceitos científicos e a implementação prática da tecnologia. (El-Deghaidy; Mansour, 2015).

Se conclui, portanto, que as instituições educacionais, assim como seus docentes, devem adaptar-se às evoluções técnico-científicas. Nesse contexto, torna-se imperativo implementar iniciativas pedagógicas inovadoras que visem conferir uma relevância ao ensino das disciplinas de ciências exatas, integrando-as de maneira coesa ao campo artístico. Essa abordagem busca ser impulsionada pelos conhecimentos e saberes disponíveis, com o propósito de proporcionar uma experiência educacional interdisciplinar mais ampla.

3.3.1 STEAM e cultura Maker

Agora, além de tudo o que já foi discutido, que tal também permitir que alunos coloquem a mão na massa e aprendam fazendo? A Cultura Maker, que está cada vez mais popular, propõe exatamente isso! Com a ajuda da tecnologia contemporânea, as pessoas estão criando e compartilhando seus projetos com o mundo todo, formando uma comunidade onde todos podem criar, construir ou consertar objetos com as próprias mãos. É tido que esse fenômeno, quando bem incluído, apresenta a promessa de redefinir a educação formal em diversos contextos, destacando-se na promoção da criação, interação, compartilhamento e autonomia como pilares fundamentais para o processo de aprendizado em diversas disciplinas e ambientes educacionais (Cohen, *et al.*, 2017).

A Educação Maker, pode ser tida como uma derivação de concepções originárias de ambientes informais de criação e comunidades. Esta costuma ser frequentemente associada a esforços em integrar campos como da engenharia, tecnologia e criatividade em um contexto educacional (Bullock; Sator, 2018). Ao fazer ênfase à interseção entre diferentes disciplinas, a

Educação Maker busca proporcionar uma experiência educacional mais abrangente e alinhada às demandas que os dias atuais pedem.

Por meio da Educação Maker, crianças, jovens e seus professores adquirem conhecimentos sobre métodos e estratégias para solucionar desafios e explorar conceitos que contribuam para a busca por respostas, por vezes, fazendo a utilização de simulações, experimentações e objetos. Essa abordagem proporciona uma experiência prática e interativa, incentivando o pensamento crítico e a resolução de problemas por meio da experimentação direta e do envolvimento ativo dos participantes (Cohen *et al.*, 2017; Peppler; Bender, 2013 *apud* Namukasa; Hughes; Scucuglia, 2022). Consoante destacado por Namukasa *et al.* (2022) com base em Hughes e Morrison (2018), nas aulas de Educação Maker, os estudantes empregam tecnologias convencionais, como artesanato e têxteis, para criar produtos tangíveis, incorporando novas abordagens relacionadas à prototipagem, ao entendimento de código aberto e à exploração de novas mídias e materiais inteligentes.

Ao destacar a aprendizagem por meio de projetos voltados para a aquisição do conhecimento através do "fazendo/criando", muitos currículos STEM/STEAM acabam por confundir a Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL, do inglês *Project-Based Learning*) com o aprendizado orientado a projetos (Larmer & Mergendoller, 2010; Robin, 2011 *apud* Khine & Areepattamannil, 2019). A Aprendizagem Baseada em Projetos direciona-se ao processo de resolução de problemas, enquanto o aprendizado orientado a projetos focaliza o produto final, muitas vezes resultando em um item artesanal ou em arte no estilo escolar (Danielsen; Nielsen 2010). Embora os apoiadores das artes destaquem a importância do "*making*" como uma habilidade artística fundamental, frequentemente há uma escassez de conhecimentos artísticos sendo ensinado durante o processo de criação desses "projetos". Nesse contexto, o processo de fabricação/produção torna-se a única maneira pela qual a arte é abordada no STEAM. Como resultado, a arte é frequentemente subestimada, sendo vista apenas como uma ferramenta ou meio para STEM, ou, em casos mais desfavoráveis, sua função é reduzida a um mero propósito decorativo (Khine; Areepattamannil, 2019).

Ao considerar um modelo educacional novo, a aprendizagem é vista como uma jornada intrigante, rica e significativa, onde o que aprender é vinculado à experiência vivida de cada aluno. Dentro desta perspectiva, o aprendizado é mais que a mera transmissão de informações e se torna um processo mais dinâmico e colaborativo. Contudo, para esses resultados, é viável imaginar um ambiente em que o aprendizado não é apenas a aceitação de fatos, mas também engloba um conjunto de comportamentos que abracem a criatividade, experimentação e descoberta (Soster, 2020). Com este modelo de ensino, os estudantes são

estimulados a não somente seguir um caminho predeterminado, mas também a explorar estradas desconhecidas, a encarar o erro e o fracasso, aprendendo a partir de suas próprias experiências. A sala de aula passa a ser um laboratório de ideias, onde a curiosidade é a bússola que orienta a jornada do conhecimento.

Neste modelo educacional, a liberdade é a essência. Liberdade em um sentido de autonomia para explorar diferentes abordagens, para colaborar com colegas e para aplicar o aprendizado em situações do mundo real. Não se trata apenas de obter informações; trata-se de tornar-se um agente ativo no desenvolvimento da compreensão. Trata-se de um convite a desafiar as convenções, a problematizar e a interrogar o status do mundo e a adotar a ideia de que a aprendizagem é feita de um processo contínuo e mutável. Através de princípios como estes é que a educação STEAM oferece oportunidades importantes para os alunos desenvolverem seus conhecimentos, especialmente nas esferas tecnológicas, incorporando atividades práticas como robótica, eletrônica e programação (Soster, 2020). Essas experiências capacitam os indivíduos não apenas a compreenderem as nuances e potenciais tecnológicos, mas também a utilizá-los de maneira informada e consciente.

Em resumo, esse conceito educacional visa não apenas encher a cabeça dos discentes com informações, mas cultivar neles as mentes inquisitivas, capazes de explorar, criar e se adaptar em um mundo em constante evolução. A sala de aula se torna um espaço não apenas de ensino, mas de descoberta, onde o aprendizado é associado a algo emocionante e contínuo, algo moldado pelo desejo intrínseco de entender e transformar o mundo ao redor.

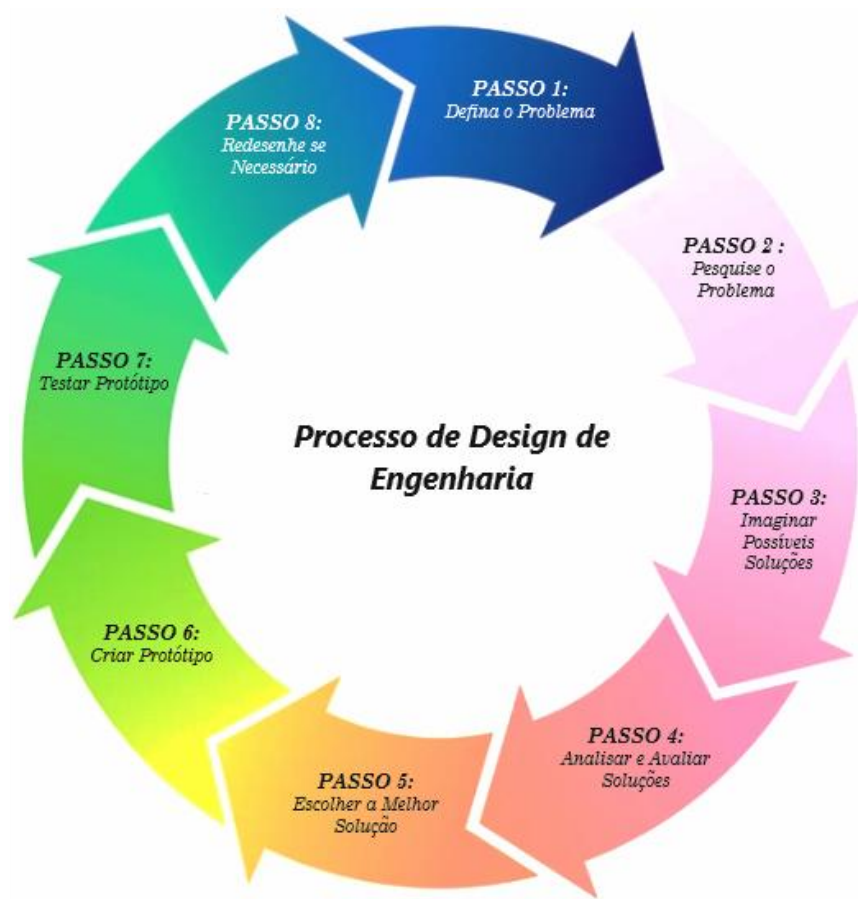
Na literatura é possível encontrar alguns exemplos que procuram dialogar na construção de um currículo interdisciplinar com o STEAM Maker para o ensino médio que propõe a organização dos conteúdos de modo interligado, ressignificando a aprendizagem, seus ambientes e os papéis dos sujeitos que o constituem (Souza; Teles; Rodrigues, 2022). A grande maioria é baseada em projetos, que, a partir de problemas reais, faz com que os conteúdos disciplinares integrados à estrutura de conhecimento do indivíduo, assumam significado em uma situação concreta (Lorenzin, 2016). Em síntese, a adoção da proposta STEAM Maker no âmbito da educação básica emerge como um desafio complexo, exigindo alterações significativas na abordagem tradicional do currículo escolar. Este cenário ressalta a importância de uma pesquisa embasada em suporte teórico sólido, como evidenciado por Lopes e colaboradores (2017). A compreensão aprofundada desse paradigma educacional inovador é essencial para impulsionar não apenas a eficácia da implementação, mas também para cultivar um ambiente educacional dinâmico e adaptável às necessidades vigentes.

3.4 UM FOCO NO PROCESSO DE DESIGN DE ENGENHARIA: UMA ABORDAGEM INTEGRADA À EDUCAÇÃO

Junto à abordagem STEM/STEAM, o Processo de Design de Engenharia (PDE) surge como uma metodologia para promover a aprendizagem integrada, aproveitando princípios da engenharia. Esse processo, cujo termo em inglês é dado por: "*engineering design process*", é um método de pensamento que estimula a aplicação de conceitos e habilidades de forma interligada, incentivando o aprendizado por meio da experimentação e também erros.

Além disso, ao se analisar o PDE como meio para implementar ações, ele se revela um recurso valioso para a educação nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), cujos campos do conhecimento se complementam e se interconectam em suas aplicações práticas, uma vez que, ao conduzir uma seleção sistemática no PDE, os alunos precisam aplicar o conteúdo STEM para justificar a solução do "*design*" (Hafiz; Ayop, 2019). Embora essas disciplinas acabam por serem frequentemente ensinadas de maneira isolada, é reconhecível que suas habilidades e competências se entrelaçam, tornando sua abordagem conjunta ainda mais proveitosa.

Existem diversos modelos de PDE, mas todos eles compartilham uma mesma essência, que gira em torno de: identificar perguntas ou definir problemas; imaginar e estabelecer uma sessão de criação coletiva de uma solução; planejar; criar; testar e melhorar o "*design*". Mas aqui nesta obra, o modelo que será apresentado é o trazido por Mangold e Robinson (2013) na publicação intitulada: "*The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms*".

Figura 3: Processo de Design de Engenharia

Fonte: Adaptação Mangold & Robinson (2013, p. 07)

Vemos que Mangold e Robinson (2013) usam um ciclo de 8 passos que podem ser orientados por perguntas norteadoras que contribuem como instruções para que os alunos entendam o que é esperado deles em cada etapa do processo. As perguntas que orientarão cada etapa são mostradas no quadro a seguir:

Quadro 3: Questões norteadoras para aplicação do Processo de Design de Engenharia

Passos do Processo de Design de Engenharia	Perguntas Guias para Promover o Pensamento
Defina o problema	Quem? O que? Quando? Onde?
Pesquise o Problema	Onde e como você pode encontrar mais informações sobre o problema?
Imaginar Possíveis Soluções	Tente pensar em quantas soluções você puder, não importa o quão loucas sejam. Quantas consegue?
Analisar e Avaliar Soluções	Agora que você tem algumas ideias, quais recursos são mais importantes no design que você escolher?

	Ex. - Custo, tempo, peso, etc.
Escolher a Melhor Solução	Com base em suas ideias e análises, qual a melhor solução?
Criar Protótipo	Como você criaria um protótipo? Quais materiais você precisaria?
Testar Protótipo	Como você testaria seu protótipo?
Redesenhe se necessário	Como você saberá se precisa redesenhar? Quais são algumas razões pelas quais você pode precisar?

Fonte: Mangold & Robinson (2013, p. 08, tradução nossa)

O processo de design ilustrado na imagem passada é iterativo, ou seja, suas etapas podem ser repetidas para possibilitar aprimoramentos ao decorrer do caminho. O que dá a possibilidade de ao decorrer do projeto, realizar testes e melhorias, dando aos estudantes a adoção de uma mentalidade de “aprender com o erro”. Essa necessidade de refletir sobre o processo é crucial para aprender com as falhas e promover resiliência e adaptabilidade, uma vez que a reflexão é o momento em que os alunos comparam as diferentes soluções criadas por seus colegas, determinam as soluções mais eficazes e discutem seus processos.

3.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O advento das abordagens STEM e STEAM têm suscitado debates acerca de seu potencial impacto na educação brasileira e mundial. Enquanto é prematuro proclamar que esses termos se tornarão parte integral do cotidiano dos educadores, é imprudente negligenciar os indícios de que esse movimento, enraizado em experiências internacionais, notadamente nos Estados Unidos, está gradualmente conquistando espaço no cenário educacional brasileiro. A educação STEM/STEAM, como destacado, não é uma mera terminologia; ela é inerente a uma tendência educacional global que transcende fronteiras.

A presença dessas abordagens inovadoras requer uma análise aprofundada que vá além da superficialidade da nomenclatura. Compreender e pesquisar essas tendências é crucial para adequar os métodos de ensino às exigências de uma educação contemporânea e globalizada. A abordagem STEM/STEAM não apenas abrange disciplinas específicas, mas propõe uma integração colaborativa dessas áreas, promovendo uma aprendizagem contextualizada e prática.

O desafio não se limita a incorporar a terminologia, mas também a aplicar e investigar as práticas pedagógicas inovadoras sugeridas por esse movimento que busca avanços na educação (Pugliese, 2017). A implementação da educação STEM/STEAM requer uma transformação significativa nos modos de ensino tradicionalmente empregados, indo além de simples revisões curriculares. É necessário fomentar a criatividade, o raciocínio crítico e a capacidade de resolver problemas por meio da inovação. Neste contexto, o Processo de Design de Engenharia se revela um caminho extremamente útil para dar suporte à implementação dessa mudança de concepção. Ao adotarem esta nova abordagem, os professores brasileiros podem preparar os alunos com as ferramentas necessárias para enfrentar os desafios e explorar as oportunidades de uma sociedade cada vez mais impulsionada pela ciência, pela tecnologia e pelo desenvolvimento.

4. METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa qualitativa adotada neste estudo busca compreender os significados atribuídos pelos participantes às experiências vividas em contextos educacionais mediados por tecnologias. Esse tipo de abordagem valoriza a análise de microprocessos sociais e a construção de sentidos a partir da interação entre os sujeitos e os recursos utilizados, permitindo uma investigação mais sensível e contextualizada. Trata-se de uma metodologia que favorece a aproximação entre pesquisador e participantes, permitindo interpretar fenômenos complexos em sua totalidade, com base em dados descritivos, interativos e narrativos. Nesse sentido, a pesquisa qualitativa exige do pesquisador uma postura ativa, criativa e interpretativa, pois “a maior dificuldade da disciplina de métodos e técnicas de pesquisa está na dificuldade de ensinar como se analisa os dados — isto é, como se atribui a eles significados” (Martins, 2004, p. 292).

Aqui, também, apresento os procedimentos metodológicos realizados com o desígnio de analisar e compreender como alunos, inseridos no contexto da educação básica, se envolvem e participam de atividades educacionais que são fundamentadas na abordagem pedagógica conhecida como STEAM. Tratarei, neste espaço, o caminho trilhado para a construção do projeto de pesquisa elaborado em nível de mestrado que tem como objetivo identificar os benefícios percebidos pelos alunos ao participarem de práticas interdisciplinares, mais precisamente, este estudo busca aprofundar-se na análise da forma como os estudantes do ensino fundamental interagem com tarefas pautadas na educação STEAM que demandam a utilização do software GeoGebra e do ChatGPT.

Em um primeiro momento, descreverei a abordagem metodológica adotada, expondo os pressupostos teóricos que fundamentaram a pesquisa, os métodos de produção de dados utilizados e as estratégias de análise aplicadas. Em um segundo momento, trarei o contexto da pesquisa, oferecendo detalhes a respeito do cenário onde a pesquisa foi desenvolvida e apresentando informações sobre o ambiente em que foram trabalhadas as atividades do projeto, as características dos alunos participantes, como foram as atividades envolvendo conceitos de Geometria e Lançamento de Projéteis e o modo que o software de GeoGebra e a Inteligência Artificial, ChatGPT, foram integrados ao processo de ensino e aprendizagem.

4.1 UM PANORAMA DA PESQUISA QUALITATIVA

A pesquisa no âmbito das ciências sociais tem sido notadamente permeada por estudos que conferem elevada importância ao emprego de métodos quantitativos, visando à descrição e explanação de fenômenos. No entanto, nos dias atuais, podemos notar uma abordagem que

se alça como uma perspectiva altamente promissora para empreender investigações, conhecida como pesquisa qualitativa. Inicialmente concebida sob o estandarte da Antropologia e da Sociologia, ao longo das últimas décadas, esse tipo de pesquisa conquistou um lugar de destaque e influência em campos como o da Psicologia e da Educação (Neves, 1996).

Conforme a investigação qualitativa avança, fica cada vez mais claro que sua essência é marcada por uma variedade de significados e interpretações, tornando-a polissêmica e, em certa medida, ambígua. Contudo, é crucial destacar que as metodologias qualitativas não se limitam ao "achismo" ou à subjetividade desmedida. Ao contrário, elas se fundamentam em um conjunto de conceitos e expressões capazes de gerar evidências valiosas, provenientes das ponderações e conclusões do investigador.

Neste sentido, Araújo e Borba (2004) defendem a necessidade de uma coerência entre a metodologia da pesquisa em Educação Matemática e as concepções do pesquisador sobre matemática, educação matemática, conhecimento e sua produção. Para os autores, a pesquisa não se limita a um conjunto de procedimentos, mas a um processo reflexivo e crítico, envolvendo a articulação de diferentes fundamentos e a participação ativa do pesquisador.

A metodologia, desta forma, é vista como um guia flexível, que permite a criatividade e o desenvolvimento de *insights*, sem que por isso abandone a rigorosidade e as normas necessárias da pesquisa qualitativa. O objetivo é construir conhecimento a partir de uma visão humanizada da pesquisa, valorizando, desta forma, a subjetividade e a análise crítica dos dados, evitando o "vale-qualquer-coisa" ou a rigidez que limitam os vislumbres da criatividade dos pesquisadores (Araújo; Borba, 2004).

Iniciando por indagações de caráter abrangente e progressivamente mais precisas ao longo do processo de pesquisa, a abordagem qualitativa desdobra-se em um conjunto de trajetórias e de estratégias de investigação distintas. Assim, a realização de um estudo qualitativo oferece às investigações um conjunto de possibilidades para a apuração, cada uma com seus matizes, que viabilizam uma abordagem mais flexível e condizente com as particularidades do tema investigado. Nesta seção irei apontar a existência de uma das possibilidades oferecidas pela abordagem qualitativa: o estudo de caso.

De acordo com Godoy (1995), o estudo de caso é uma forma de pesquisa que se dedica à análise detalhada de uma unidade específica, seja um ambiente, um indivíduo único ou uma situação específica. O método do caso, como estratégia pedagógica, surgiu na Escola de Direito da Universidade de Harvard, na segunda metade do século XIX, e tem sido extensivamente aplicado nos Estados Unidos e no Brasil há vários anos. O objetivo é oferecer uma imersão na realidade através do debate, análise e tentativa de solucionar problemas provenientes do mundo

real. Como método pedagógico, procura criar uma ligação robusta entre os fundamentos teóricos e sua implementação prática.

O estudo de caso tem se destacado como a abordagem preferencial quando os pesquisadores se deparam com perguntas relacionadas a "como" e "por que" determinados fenômenos ocorrem, particularmente em situações nas quais o controle sobre os eventos em estudo é limitado. Além disso, é uma opção viável quando o foco de interesse recai sobre fenômenos contemporâneos, cuja análise só pode ser realizada dentro de um contexto de vida real.

Os resultados desta jornada investigativa, fundamentada na metodologia qualitativa, evidenciam sua capacidade de revelar aspectos significativos de um contexto específico. Essa abordagem mostra-se especialmente relevante quando aplicada ao campo da educação, pois possibilita compreender de maneira mais profunda a dinâmica do ambiente escolar e as interações que permeiam a vida cotidiana de educandos e educadores.

Dessa maneira, entendo que dos elementos elencados, a pesquisa qualitativa está em comum acordo com esta investigação de mestrado, a qual busca responder à seguinte pergunta: “Como estudantes do ensino fundamental se envolvem e participam de atividades educacionais que são fundamentadas na abordagem pedagógica conhecida como STEAM?

Este estudo, também, objetiva de modo secundário:

- i) Investigar a aplicação do Processo de Design de Engenharia em atividades com simuladores de foguetes caseiros construídos e lançados pelos estudantes.
- ii) Analisar a interação dos estudantes com o software GeoGebra.
- iii) Examinar a interação dos estudantes com o ChatGPT.

Nesse sentido, a pesquisa teve como foco o processo de design de engenharia aplicado em uma metodologia STEAM, em específico, o processo dessa atividade e os significados mobilizados na realização dela.

Nessa busca pela resposta à pergunta, foi realizado um Experimento de Ensino (Steffe, Thompson, 2000) com oito estudantes do quarto ano do Ensino Fundamental de uma escola pública. Esse experimento foi conduzido por mim e pelo meu orientador, o professor doutor Ricardo Scucuglia. Assim, ambos assumimos o papel de professor e pesquisador.

4.1.1 Experimento de Ensino

Experimentos de ensino se baseiam em um processo de observação e análise das ações e expressões dos alunos durante atividades de aprendizagem. A partir dessas observações, o

pesquisador busca compreender como os alunos interpretam e compreendem conceitos matemáticos específicos, identificando suas estratégias de resolução de problemas e seus níveis de compreensão (Steffe; Thompson, 2000).

O experimento de ensino é uma ferramenta conceitual que os pesquisadores usam na organização de suas atividades. É primariamente uma ferramenta exploratória [e tem por] objetivo explorar a matemática dos estudantes. Por envolver experimentação com modos e meios de influenciar o conhecimento matemático dos estudantes, o experimento de ensino é mais que uma entrevista clínica (Steffe; Thompson, 2000, p. 273).

Uma característica essencial de muitos experimentos de ensino, segundo Richard Lesh e Richard Lehrer, é que cada sessão gravada em vídeo serve como um teste para as ideias que os pesquisadores têm sobre como os alunos aprendem. Eles usam o que observaram nas sessões anteriores para planejar as próximas, buscando confirmar ou refinar suas teorias. Essa abordagem iterativa, com ciclos de hipóteses e decisões, permite que os pesquisadores validem gradualmente seus próprios constructos, ajustando e ampliando suas interpretações ao longo do tempo.

Ainda acordado com afirmativas dos pesquisadores, em estudos que se baseiam apenas na análise de fitas de vídeo, a interpretação dos dados só pode ser feita após a conclusão de todas as gravações. Isso significa que não é possível aplicar o que foi aprendido em uma sessão para influenciar as próximas, nem testar imediatamente as teorias do pesquisador. Como não é possível prever o que acontecerá na próxima gravação, os pesquisadores precisam encontrar métodos alternativos de pesquisa para confirmar suas conclusões.

O experimento de ensino é uma variação da técnica de entrevista. Ele incorpora três componentes: modelagem, episódios de ensino e entrevistas individuais ou em grupo. O aspecto mais importante do experimento de ensino é a modelagem das respostas dos alunos em uma imagem coerente do progresso dos alunos ao longo de um período estendido (Engelhardt et al, p.01, 2004, tradução minha).

Steffe e Thompson (2000) comentam em sua obra que nas tentativas de aprender a matemática dos alunos, os pesquisadores acabam por criar situações e maneiras de interagir com os alunos que os incentivam a modificar seu atual pensamento atual. Já na obra de Engelhardt e cia (2004), os autores informam que o experimento de ensino é uma forma valiosa para o desenvolvimento de currículos e a avaliação de novas práticas pedagógicas. Comparado à entrevista clínica tradicional, ele oferece algumas vantagens:

Quadro 4: Principais Benefícios dos Experimentos de Ensino

Vantagem	Descrição
Testar novas técnicas	Os episódios de ensino permitem que os pesquisadores testem

	diferentes métodos e identifiquem quais são mais eficazes em promover o aprendizado dos alunos.
Ambiente real	Realizar o experimento com grupos de alunos cria um ambiente mais próximo ao da sala de aula, permitindo que os pesquisadores observem técnicas em um contexto mais natural.
Treinamento para pesquisadores	O experimento de ensino é uma excelente oportunidade para alunos de pós-graduação aprenderem técnicas de entrevista, análise de dados e observação.

Fonte: adaptação Engelhardt et al, 2004.

Tratando do procedimento de Experimento de Ensino nesta pesquisa, este foi conduzido por meio de sessões de ensino estruturadas e elaboradas para serem aplicadas para duplas de estudantes, que se assemelham a aulas.

Cada sessão contava com a participação de um pesquisador, atuando como professor, outro pesquisador no papel de observador que acompanhava o desenvolvimento do experimento, além de um dispositivo de gravação de vídeo ou áudio.

O vídeo é um importante e flexível instrumento para coleta de informação oral e visual. Ele pode capturar comportamentos valiosos e interações complexas e permite aos pesquisadores Ele reexaminar continuamente os dados (Clement, 2000, p. 577)

Essa estrutura permitiu a produção detalhada dos dados, capturando as interações entre o pesquisador/professor, os alunos e o conteúdo, e possibilitando uma análise aprofundada do processo de aprendizagem. Dessa forma, é assumido o papel de agente de ação pelo professor/pesquisador, como referenciado por Steffe e Thompson (2000).

Agora, quando falamos de analisar as capturas dos dados obtidas por intermédio de gravações e registros audiovisuais em pesquisas sobre ensino, é importante lembrar a advertência de Lesh e Lehrer (2000). Eles nos alertam que um pesquisador, ao se concentrar em detalhes específicos de um vídeo, por exemplo, pode perder a visão geral, como se estivesse tão focado nas árvores que não consegue ver a floresta. Da mesma forma, se um pesquisador estiver muito preso a uma teoria específica, pode ignorar informações importantes que não se encaixam em sua visão preconcebida.

Para evitar que a análise de fitas de vídeo seja enviesada por uma visão estreita, os autores não deixam de lembrar a importância indissociável de combiná-la com outros métodos de pesquisa. Diversificar as técnicas - observações etnográficas, entrevistas clínicas ou, ainda, experimentos de ensino - tende a dar ao fenômeno a ser estudado um meio mais completo e equilibrado de apreciação. Esse caminho, multifacetado, é possivelmente uma maneira do

próprio pesquisador não se conter ao pequeno detalhe das fitas de vídeo e não perder de vista o contexto geral da pesquisa.

Para aprofundar a análise dos materiais audiovisuais produzidos neste projeto de mestrado e entender o contexto geral dos dados, utilizarei como base um modelo analítico desenvolvido por Powell, Francisco e Maher (2004). Esse modelo, composto por fases interativas e não lineares, possibilita um estudo minucioso do desenvolvimento do pensamento matemático dos estudantes ao decorrer da participação no experimento de ensino.

Quadro 5: Adaptação do Modelo de Análise de Powell, Francisco e Maher (2004)

Etapas	Descrição
Observação atenta dos dados do vídeo	Mergulhar nos dados do vídeo para ter uma primeira impressão geral.
Descrição dos dados do vídeo	Registrar detalhadamente o que foi observado no vídeo, incluindo falas, ações e interações.
Identificação de eventos críticos	Selecionar os momentos mais relevantes do vídeo que demonstram o desenvolvimento do pensamento matemático.
Transcrição	Transcrever as falas e diálogos do vídeo para facilitar a análise.
Codificação	Atribuir códigos aos eventos críticos para categorizar e organizar os dados.
Construção do enredo	Organizar os eventos críticos em uma sequência lógica que demonstra a evolução do pensamento matemático.
Composição da narrativa	Criar uma narrativa que explique o desenvolvimento do pensamento matemático, utilizando os dados produzidos e codificados.

Fonte: Elaborado pela autora

Neste estudo, foi buscado compreender como duplas de alunos do quarto ano do ensino fundamental se engajam na resolução de atividades com enfoque STEAM, especificamente no contexto do lançamento de foguetes. A pesquisa analisará a capacidade dos alunos de deduzir teorias e chegar a conclusões sobre o cálculo da altura máxima atingida por seus foguetes, utilizando um simulador que incorpora as condições e características do voo exploradas pelos alunos durante a MOBFOG, evento a ser explicada de modo mais detalhado na subseção posterior.

O foco principal do estudo foi analisar como os alunos, através da manipulação do

simulador e da experimentação, conseguiam conectar conceitos de parábolas, um tema novo para eles nesse nível escolar, com a dinâmica do lançamento de foguetes. A intenção é observar se essa experiência, que envolve a exploração por intermédio de tentativas e erros, permite aos alunos do ensino básico desenvolver a capacidade de realizar descobertas de forma autônoma.

Em outras palavras, a pesquisa buscou entender como a combinação de atividades STEAM, simulações e a exploração de conceitos matemáticos (como as parábolas) podem contribuir para o desenvolvimento do pensamento científico e da capacidade de resolução de problemas em alunos do ensino fundamental, além de introduzir à estes estudantes a inteligência artificial, ChatGPT, para que estes, através de comando no chatbot, pudessem expressar, com a criação de poemas, a experiência que tiveram junto à pesquisa e a MOBFOG.

4.2 NAVEGANDO PELOS PRINCÍPIOS DO CONHECIMENTO RESPONSÁVEL

Através dos diferentes períodos históricos, deparamos com incontáveis ocorrências de academias cujos estudiosos, visando ansiosamente o progresso acadêmico, foram além dos limites do que poderia ser visto como eticamente aceitável em suas investigações. Em muitos casos, o bem-estar e/ou a segurança de outras pessoas foram sacrificados em favor dos desejos acadêmicos desses pesquisadores. E esses episódios nos fazem pensar que, para esses pesquisadores, a famosa frase "Os fins justificam os meios", que normalmente é atribuída ao filósofo e político italiano Nicolau Maquiavel, é uma verdade sem contestação. No entanto, esses casos ainda evidenciam um intrincado conflito entre os princípios éticos estabelecidos e a fervorosa busca por inovação e construção de novos saberes, porque, embora a busca por novos conhecimentos seja importante, esta não pode ser ao custo da dignidade humana.

Essa constatação, no entanto, não levanta somente questões de uma complexidade elevada, mas abre o caminho também para a necessidade crucial de uma reflexão aprofundada sobre o problema moral e ético da pesquisa acadêmica, extremamente importante para estabelecer as fronteiras que garantem a integridade dos envolvidos em uma pesquisa e, portanto, a credibilidade e o compromisso social das realizações científicas.

Quando se trata da atenção dedicada à ética na pesquisa em ciências humanas, particularmente no âmbito educacional, como destacado por Fagiani e França (2015), temos que esta preocupação é um fenômeno relativamente recente que tem gerado uma série de questionamentos que abrangem desde a pertinência da reflexão sobre questões éticas até as formas de sua normatização. Ainda no seguimento das discussões promovidas pelos autores supramencionados, registra-se que suas ideias estão ancoradas no princípio fundamental de

que a pesquisa em educação deve ser dirigida ao interesse de todos os participantes, com vistas a garantir a integridade do sujeito da pesquisa (o ser humano) no meio de sua rica diversidade sociocultural e educacional, além de assegurar a independência do pesquisador, resguardando-o de censuras e constrangimentos de natureza política ou econômica.

Ao longo do século XX, foram empreendidos esforços significativos na formulação de normas orientadoras para pesquisas que envolvem seres humanos. No contexto brasileiro, destaca-se a criação da Resolução 01/88 em 1988, quando o Conselho Nacional de Saúde aprovou as primeiras diretrizes nacionais sobre ética em pesquisa com seres humanos, estabelecendo, concomitantemente, os Comitês de Ética na Pesquisa (CEP). Importa salientar que, posteriormente, devido às limitações identificadas na Resolução 01/88, tornou-se imperativa uma revisão que resultou na Resolução 196 de 1996. Esta, além de apresentar diretrizes para a avaliação ética de projetos de pesquisa envolvendo seres humanos, também criou um sistema nacional de ética nestas pesquisas com o estabelecimento da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP) e a vinculação com os Comitês de Ética em Pesquisa das instituições e o Conselho Nacional da Saúde (CNS) (Freitas, 2009 *apud* Fagiani; França, 2015).

E assim, em uma conjuntura atual que visa constantemente salvaguardar os direitos do indivíduo investigado e proteger seus interesses em sua integridade e dignidade, é visível o zelo dos pesquisadores da educação, bem como da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Educação (Anped) e dos Programas de Pós-Graduação em Educação em assegurar a condução de investigações educacionais éticas e seguras para todos os envolvidos.

Diante de tudo já comentado e a fim de garantir a ética e o respeito aos participantes, a pesquisa foi submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) número 74714723.1.0000.5466. O estudo produziu diversos tipos de dados para uma análise completa. Foram gravadas as sessões em vídeo, tanto com filmadora quanto com a captura da tela dos computadores. Além disso, os arquivos criados pelos alunos no software GeoGebra e no ChatGPT também foram considerados, juntamente com as anotações detalhadas dos pesquisadores em seu diário de campo.

Na pesquisa, foi possível reunir uma base de dados bem completa, que vai desde gravações em vídeo e áudio das sessões até os trabalhos feitos pelos alunos, tanto no computador quanto no papel. Além disso, também foram consideradas as observações feitas pelos pesquisadores durante as atividades. Todo esse material permite olhar para o tema de forma mais aprofundada e responsável, já que a identidade dos alunos foi preservada com

nomes fictícios e a escola não foi identificada. Assim, o estudo ganha mais segurança e abre espaço para diferentes análises e conclusões a partir de informações reais e concretas.

4.3 O PERCURSO DA INVESTIGAÇÃO

Ao pensar no seu primeiro grande projeto de pesquisa, é natural que uma sensação de ansiedade e preocupação com as aparentes dificuldades da tarefa comece a surgir. Questões como: "De que modo definir um assunto?", "Onde encontrar informações relevantes?" e "Como organizar esses dados para obter resultados significativos?" começam a dominar seus pensamentos e trazer suas inseguranças.

Mesmo já tendo realizado mais de uma iniciação científica durante meu período de graduação, a ideia de iniciar e concluir um estudo relevante tornou-se uma preocupação constante desde a minha entrada no programa de pós-graduação em Ensino e Processos Formativos. Esse medo se revelou, pois, pela primeira vez, precisei apresentar um trabalho e resultados que estivessem à altura das exigências de um mestrado. Tal sentimento não é algo anormal, visto que, até autores como Booth, Colomb e Williams acreditam que

Mesmo pesquisadores experientes sentem-se um pouco ansiosos ao iniciarem um projeto, especialmente se for diferente dos outros que já executaram. Assim, seja qual for sua preocupação no momento, todos os pesquisadores já a tiveram - e muitos ainda a têm. A diferença é que pesquisadores experientes sabem o que encontrarão pela frente: trabalho árduo, mas também o prazer da investigação, alguma frustração, mas compensada por uma satisfação ainda maior, momentos de indecisão, mas a confiança de que, no final, tudo irá se encaixar (Booth; Colomb; Williams, 2008, p. 01)

Embora o ingresso no mestrado tenha emergido de um projeto que visava investigar o uso de materiais audiovisuais no ensino de Matemática, a trajetória investigativa tomou um rumo distinto. A questão norteadora que passou a guiar o estudo foi a seguinte: ***“Como alunos do ensino básico se envolvem em atividades fundamentadas na abordagem pedagógica STEAM?”*** Este estudo surgiu da minha busca por aprofundar o conhecimento sobre o uso de tecnologias inovadoras, como o GeoGebra e o ChatGPT, no ensino, uma vez que este trabalho se debruça sobre a análise e investigação de como os alunos interagem com tarefas que demandam a utilização destas tecnologias de ponta, que têm se mostrado cada vez mais relevantes no cenário educacional contemporâneo. Este estudo surge com o objetivo de contribuir para a discussão sobre o papel da tecnologia na educação, especialmente no que se refere à promoção da criatividade e de uma educação interdisciplinar.

A investigação visa promover uma educação ativa e colaborativa entre os estudantes participantes, por meio de atividades que integram a matemática com outras áreas do

conhecimento. A proposta veio para incluir um roteiro que explorasse a utilização de softwares e inteligência artificial para potencializar o aprendizado, valorizando a estética como uma forma de ensino na Matemática. O objetivo era estimular a participação dos estudantes e criar um ambiente de aprendizado dinâmico e engajador.

Com a intenção de atender às perspectivas e aos propósitos estabelecidos, optou-se por desenvolver, como já citado acima, uma atividade interativa no GeoGebra. Essa atividade foi pensada de forma a dar aos estudantes a oportunidade de aprender conceitos de matemática e física de forma visual e experimental, para assim, estimular uma compreensão mais profunda e intuitiva dos conteúdos. Além do mais, pensando em introduzir a inteligência artificial para os estudantes, foi também levado à eles o ChatGPT, que se trata de um chatbot, ou ainda, de um assistente virtual alimentado por “inteligência artificial, que pode interagir com os usuários de forma natural, como se fossem humanos” (Almeida; Costa, 2024, p. 02), para, assim, buscar estimular a questão artística por intermédio da criação de poemas que contassem da experiência de construir, lançar e realizar atividades relacionadas à MOBFOG através de comandos para a IA.

O início dessa pesquisa foi dado em uma escola pública municipal no interior paulista, em maio de 2023. Envoltos por uma atmosfera de pura alegria e entusiasmo onde alunos do quarto ano do ensino fundamental participavam da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), lançando foguetes caseiros, movidos a impulso e construídos por eles mesmos, uma pergunta em especial, feita por um aluno, ecoou na mente do meu orientador, que participava do evento, e, depois, na minha: "A distância a gente mede, mas qual a altura que os foguetes alcançaram?". Aquela pergunta simples despertou em nós uma inquietação e uma vontade de investigar. E foi assim, nesse clima de descobertas, que nasceu a ideia que deu origem a essa pesquisa em Educação Matemática, que vamos explorar em detalhes a partir de agora.

Com o intuito de desvendar o mistério da altura dos foguetes e, ao mesmo tempo, proporcionar uma experiência de aprendizagem inovadora, elaboramos um novo projeto de pesquisa. A proposta era aplicar uma metodologia STEAM que permitisse aos alunos explorar conceitos matemáticos de forma prática e criativa. Com todas as autorizações em mãos para iniciar a produção de dados em campo, convidamos quatro duplas de alunos do quarto ano, que haviam participado do lançamento dos foguetes, para se juntarem à nossa pesquisa. Esses alunos, escolhidos pelos professores de suas turmas com base no engajamento e nível de participação na MOBFOG, seriam os protagonistas desse novo experimento de ensino com duração de duas horas para cada dupla.

4.4 MOBFOG

A Astronomia, a ciência que pretende despir os mistérios que envolvem o universo, acompanha a humanidade desde seus primórdios. A beleza do céu noturno - sua alegria reluzente, com o balé das estrelas cintilantes e dos planetas - é uma experiência que atravessa gerações e culturas. Os humanos primitivos da pré-história olhavam para o céu com um sentimento de admiração e com um sentimento de fascínio ao mesmo tempo, desejando compreender a imensidão do cosmos e o que estavam fazendo os corpos celestes. Essa busca por conhecimento e a admiração da grandeza do universo são laços que unem a humanidade, em uma jornada de descoberta e aprendizado que já perdura por milênios (Damineli; Steiner, 2010).

A abordagem da Astronomia nos anos iniciais do Ensino Fundamental envolve desafios específicos. Não obstante o fato de que as crianças apresentem um interesse intrínseco por objetos celestes naturalmente impulsionado pela veiculação da temática em livros infantis, desenhos animados e mídia, a inserção dos conceitos astronômicos demanda um tratamento didático apropriado (BRASIL, 2017).

Para fortalecer o ensino de Astronomia nas escolas, diversos pesquisadores e instituições se dedicam a iniciativas inovadoras. Um exemplo é a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), criada em 1998 pelo professor Daniel Fonseca Lavouras, com o apoio da Sociedade Astronômica Brasileira (SAB). A OBA tem como objetivo principal difundir o conhecimento sobre Astronomia e promover o ensino dessa ciência em todo o país, sendo considerada um importante recurso para o desenvolvimento da área (Menezes; Albrech, 2018).

A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA) não abrange apenas as provas tradicionais; esta também realiza a Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), uma iniciativa que se tornou um complemento fundamental para o ensino de ciências, especialmente para os alunos do ensino fundamental e médio. A MOBFOG vai além da teoria, incentivando a prática e o desenvolvimento de habilidades cruciais para as áreas da física, química e engenharia. Ao invés de apenas estudar conceitos abstratos, os alunos têm a oportunidade de colocar a mão na massa, construindo e lançando seus próprios foguetes, tornando o aprendizado mais dinâmico, interativo e memorável.

A Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) é uma olimpíada inteiramente experimental, pois consiste em construir e lançar, obliquamente (em 2025 provavelmente teremos modalidades para lançamentos verticais), foguetes, a partir de uma base de lançamento, o mais distante possível. Foguetes e bases de

lançamentos devem ser construídos por alunos individualmente ou em equipes de até três componentes (OBA, 2024).

Nesta que é a principal olimpíada científica prática do Brasil, ocorre a organização em cinco níveis distintos, cada um direcionado para uma faixa etária específica. Essa estrutura garante que a competição seja desafiadora e adequada para todos os participantes, independentemente de sua idade. Cada nível conta com foguetes e propelentes próprios, desenhados para estimular a criatividade e o aprendizado de acordo com as capacidades e interesses de cada grupo de alunos.

Quadro 6: Foguetes por Nível de Ensino e Método de Propulsão

Nível	Série Escolar	Tipo de Foguete	Propulsão
1	1º a 3º ano do Ensino Fundamental	Foguete construído a partir de canudo de refrigerante	Impulso de ar comprimido
2	4º e 5º ano do Ensino Fundamental	Foguete construído a partir de canudo de papel	Impulso de ar comprimido
3	6º a 9º ano do Ensino Fundamental	Foguete construído a partir de duas ou mais garrafas PET	Água e ar comprimido injetado por bomba manual
4	Ensino Médio	Foguete de garrafa PET	Vinagre e bicarbonato de sódio
5	Ensino Médio ou Superior	Foguete de formato livre	Propelente sólido (nitrato de potássio e sacarose)

Fonte: Elaborado pela autora

Esta pesquisa se concentra em alunos do quarto ano do ensino fundamental, que se enquadram no nível 2 da MOBFOG. Portanto, o foco deste texto será nas características e normas específicas para a participação nesse nível da Mostra.

4.4.1 Construindo um Foguete

A construção de um foguete para a competição MOBFOG no nível destacado envolve o uso de materiais simples e tem como objetivo desenvolver habilidades de experimentação e otimização, visando alcançar a maior distância possível. O foguete é feito por equipes de até 3 alunos com cartolina e utiliza um sistema de lançamento baseado em pressão de ar gerada por uma garrafa PET. A seguir, apresento um resumo do processo de construção do foguete, no qual os alunos participaram ativamente.

1. Materiais Necessários

- i) Garrafa PET de qualquer volume
- ii) Tubo de PVC marrom de 20 mm de diâmetro e 25 cm de comprimento
- iii) Mangueira de jardim
- iv) Cartolina
- v) Cola
- vi) Régua
- vii) Tesoura
- viii) Fita crepe
- ix) Papel alumínio

2. Construção do Foguete

2.1 Corpo do Foguete:

Aqui nesta parte da construção, um retângulo de cartolina de 8 centímetro de largura e 20 centímetros de altura é cortado.

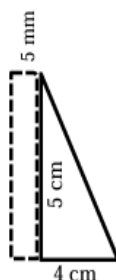
O retângulo é enrolado ao redor do tubo de PVC, formando um tubo de papel com diâmetro de aproximadamente 2 centímetros e altura de 20 centímetros.

Há a fixação do tubo de papel com anéis de fita adesiva, tanto ao redor quanto ao longo da emenda, para garantir firmeza.

2.2 Aletas:

Já para a confecção das Aletas um recorte de três ou quatro aletas de cartolina é necessário, seguindo as dimensões recomendadas (5 cm de altura, 4 cm de largura, com uma dobra de 5 mm na base).

Figura 4: Molde das Aletas



Fonte: Documento da OBA⁷

⁷ https://www.serra.ifes.edu.br/images/stories/como_construir_o_foguete_MOBFOG_DE_2019.pdf

Com este material em mão, dobra-se o retângulo pontilhado na base das aletas para serem coladas no corpo do foguete, sempre garantindo a equidistância para a estabilização do voo.

2.3 Ponta do Foguete:

Para a ponta do foguete, uma pequena bola de papel alumínio é feita, com diâmetro ligeiramente superior a 2 centímetros. A bola de papel alumínio deve ser pressionada na ponta do tubo de cartolina para fechar a extremidade e adicionar peso, ajudando na estabilidade do voo. Opcionalmente, pode-se modelar uma ponta cônica sobre a bola de alumínio.

3. Construção da Base de Lançamento

A base de lançamento do foguete na MOBFOG nível 2 é construída usando uma garrafa PET, um tubo de PVC e uma mangueira que conecta os dois. Primeiro, enrola-se algumas voltas de fita crepe em uma das pontas do tubo de PVC, que será conectada à mangueira. Em seguida, a outra extremidade da mangueira é encaixada na boca da garrafa PET, criando uma vedação firme. O tubo de PVC, conectado à garrafa através da mangueira, serve como suporte para o foguete. Durante o lançamento, ao apertar a garrafa com força, o ar comprimido percorre a mangueira e o tubo de PVC, gerando o impulso necessário para lançar o foguete.

Figura 5: Base construída pelos alunos para o lançamento



Fonte: Acervo da Escola

4. Lançamento:

No Lançamento, o foguete tem seu posicionamento sobre o tubo de PVC já encaixado/ligado na garrafa PET. O foguete, para seu lançamento, é ajustado à uma inclinação de 45° como indicado pela própria junta organizacional responsável por assuntos relacionados à MOBFOG.

Com todos os requisitos cumpridos e checados, basta escolher um integrante da dupla ou trio, dono do foguete, para realizar a tarefa de comprimir o ar de dentro da garrafa rapidamente, através de um aperto firme ou um pulo, impulsionando, assim, o foguete para frente.

5. Pós Lançamento

E assim, após a finalização do lançamento, voo, queda e medição do alcance obtido pelo foguete da equipe, comemorações são feitas pelos participantes e dúvidas vão também surgindo, como a já apresentada e estopim desta pesquisa: "A distância nós medimos, mas como saber a altura que os foguetes alcançaram?".

4.5 QUÃO ALTO FOI O VOO DO FOGUETE?

O movimento de um projétil, como dos foguetes observados sendo lançados na MOBFOG, pode ser considerado um movimento de queda livre bidimensional, influenciado apenas pela força da gravidade. Para simplificar nosso estudo e nossos cálculos, buscamos desconsiderar a influência da resistência do ar, obtendo assim resultados que representam uma boa aproximação da realidade em situações onde objetos relativamente pesados se movem a velocidades relativamente baixas, em distâncias relativamente curtas.

Para aprofundar a compreensão dessa etapa da pesquisa, é fundamental analisar alguns princípios básicos do movimento de projéteis:

Quadro 7: Princípios do Movimento de Projéteis

Movimento Bidimensional	Descrição
Tipo de Movimento	Movimento de projétil em um plano Análise como dois movimentos unidimensionais - Horizontal: Velocidade constante - Vertical: Aceleração uniforme da gravidade
Independência dos Movimentos	O movimento horizontal e vertical são independentes - O movimento horizontal não interfere no vertical - O movimento vertical não interfere no horizontal
Importância da Independência	Simplificação da análise do movimento Permite o estudo separado de cada componente

Fonte: Adaptação do Science Ready⁸

⁸ https://scienceready.com.au/pages/why-does-maximum-range-occur-at-45-degrees?srsltid=AfmBOorgXKxTSEoiUWjD_wFxzR1nAV_jF3GkId0TqnqzvNHk_1ojtRrC

Entender esses princípios é crucial para a análise dos dados recolhidos, assim como para a elaboração da pesquisa e a experiência pedagógica sugerida aos estudantes do quarto ano, pois essa compreensão possibilita um entendimento mais abrangente do movimento dos foguetes.

Voltando, agora para a solução do problema levantado pelo aluno acerca da altura que o foguete atingiu, se tomará como base Halliday, Resnick e Waker (2012), conceitos relacionados de um movimento balístico, em um lançamento oblíquo, a distância máxima ($D_{\text{máx}}$) e a altura máxima ($H_{\text{máx}}$) alcançadas por um projétil podem ser calculadas utilizando as seguintes expressões, sendo V_0 a velocidade inicial do projétil, θ o ângulo de lançamento e g a gravidade:

- $D_{\text{máx}} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g}$
- $H_{\text{máx}} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \theta}{2g}$

Para realizar nossos cálculos, fizemos uso da informação de que a base de lançamento do foguete, construída pelos alunos, professores e gestores da escola, fixou o ângulo de lançamento em 45° , ou seja, $\theta = 45^\circ$. Essa informação é essencial para os nossos cálculos, permitindo que se chegue no seguinte resultado:

$$D_{\text{máx}} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\theta}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2 \cdot 45}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin 90}{g} = \frac{V_0^2 \cdot 1}{g} \Rightarrow V_0^2 = D_{\text{máx}} \cdot g \quad (o)$$

E com esta igualdade, avançamos ainda mais e temos:

$$H_{\text{máx}} = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \theta}{2g} \stackrel{(o)}{=} \frac{D_{\text{máx}} \cdot g \cdot \sin^2 45}{2g} = \frac{D_{\text{máx}} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2}{2} \Rightarrow H_{\text{máx}} = \frac{D_{\text{máx}}}{4}$$

Dessa forma, em um lançamento oblíquo realizado a um ângulo de 45° , a altura máxima que o projétil atinge é equivalente a $\frac{1}{4}$ da distância máxima que ele percorre ao longo da horizontal.

Conforme demonstrado no Quadro 7, a trajetória do projétil pode ser decomposta em dois movimentos unidimensionais independentes: o movimento vertical, influenciado pela aceleração constante da gravidade, e o movimento horizontal, caracterizado por uma velocidade constante.

Dando início à análise do movimento vertical do projétil, reconhecemos que ele se comporta como um Movimento Retilíneo Uniformemente Acelerado (MRUA). A equação que

descreve a posição vertical $y(t)$ em função do tempo t , é:

$$y = y_0 + v_{y0}t + \frac{1}{2}a_y t^2 \quad (\text{I})$$

onde y_0 é a altura inicial do projétil, v_{y0} é a velocidade inicial vertical e a_y é a aceleração vertical que é igual a aceleração da gravidade g . Assumindo $y_0 = 0$ e $v_{y0} = v_0 \sin \theta$ e $a_y = -g$, a equação (I) pode ser reescrita como:

$$y = v_0 \cdot \sin \theta \cdot t - \frac{1}{2}gt^2 \quad (\text{II})$$

Agora, na etapa relacionada ao movimento Horizontal do projétil, temos que esta descreve um Movimento Retilíneo Uniforme (MRU), cuja a equação da posição horizontal $x(t)$ em função do tempo t , é:

$$x = x_0 + v_{x0}t \quad (\text{III})$$

onde x_0 é a distância horizontal inicial do projétil e v_{x0} é a velocidade inicial horizontal. Assumindo $x_0 = 0$ e $v_{x0} = v_0 \cos \theta$, a equação (III) fica da seguinte forma:

$$\begin{aligned} x &= v_0 \cdot \cos \theta \cdot t \Rightarrow \\ \Rightarrow t &= \frac{x}{v_0 \cdot \cos \theta} \quad (\text{IV}) \end{aligned}$$

Substituindo a Equação (IV) na Equação (II), chegamos em:

$$y = v_0 \sin \theta \left(\frac{x}{v_0 \cdot \cos \theta} \right) - \frac{1}{2}g \left(\frac{x}{v_0 \cdot \cos \theta} \right)^2$$

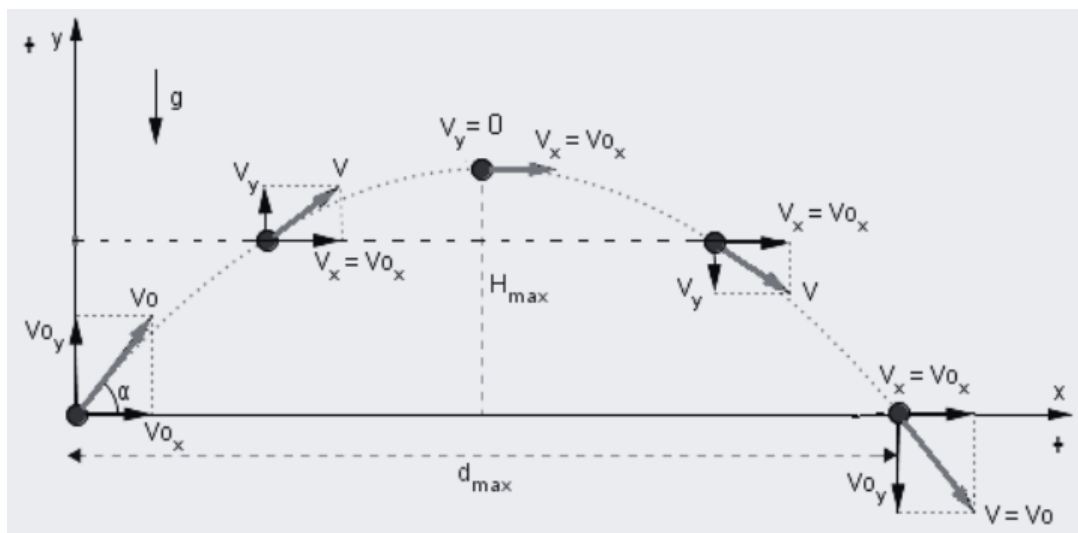
que ainda pode ser reescrita como:

$$\begin{aligned} y &= \frac{x v_0 \sin \theta}{v_0 \cos \theta} - \frac{gx^2}{2(v_0)^2(\cos \theta)^2} \Rightarrow \\ \Rightarrow y &= \tan \theta x - \frac{gx^2}{2(v_0)^2(\cos \theta)^2} \end{aligned}$$

Considerando que o lançamento do foguete, construído pelas crianças, foi realizado com uma inclinação de 45° e utilizando a aceleração da gravidade (g) como 10m/s^2 , podemos deduzir que a trajetória realizada pelo foguete, é descrita pela seguinte equação:

$$y = (\tan 45^\circ)x - \frac{10x^2}{2v_0^2 \cos(45^\circ)} = -\frac{10x^2}{2v_0^2 \left(\frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} + 1x = -\frac{10x^2}{v_0^2} + 1x \quad (\text{V})$$

Podemos obter resultados adicionais quando $x = D_{\text{máx}} = A$, que representa o alcance máximo do foguete, ou seja, a distância horizontal máxima que ele percorre.

Figura 6: Gráfico do lançamento oblíquo

Fonte: Rogério Aguiar Soares, 2022, p. 20⁹

Nesse ponto, $y = 0$, pois o foguete retorna à altura inicial, que no caso é o solo. Ao substituírmos esses valores na Equação (V), chegamos à seguinte expressão.

$$\begin{aligned}
 0 &= tg\theta A - \frac{g A^2}{2(v_0)^2(\cos\theta)^2} \Rightarrow 0 = A \left(tg\theta - \frac{g A}{2(v_0)^2(\cos\theta)^2} \right) \Rightarrow \\
 &\Rightarrow \frac{g A}{2(v_0)^2(\cos\theta)^2} = \frac{\text{sen}\theta}{\cos\theta} \Rightarrow gA = 2(v_0)^2 \text{sen}\theta \cos\theta \Rightarrow \\
 &\Rightarrow gA = (v_0)^2 \text{sen}2\theta \Rightarrow \\
 &\Rightarrow v_0^2 = \frac{gA}{\text{sen}2\theta} \Rightarrow
 \end{aligned}$$

Levando em conta, novamente que neste caso de estudo, temos $g = 10\text{m/s}^2$ e $\theta = 45^\circ$, chega-se que:

$$v_0^2 = \frac{10 A}{\text{sen}(2 \cdot 45^\circ)} = \frac{10 A}{\text{sen}(90^\circ)} = 10 A \quad (\text{VI})$$

Por fim, fazendo a substituição da Equação (V) com a igualdade de v_0^2 encontrada na Equação (VI), temos:

$$y = -\frac{10x^2}{10A} + x = -\frac{x^2}{A} + x \quad (\text{VII})$$

Logo, com base na equação obtida, chegamos à equação que descreve o comportamento

⁹ http://bia.ifpi.edu.br:8080/jspui/bitstream/123456789/1031/1/2022_tcc_rasoares.pdf

geral da variável y em função da variável x , para um ângulo de 45° , seguindo o modelo clássico de Galileu. Essa equação representa a trajetória do foguete e nos permite compreender o comportamento dos foguetes lançados na MOBFOG por cada um dos alunos, bastando para isso, somente substituir A pela distância máxima alcançada pelo foguete em seu lançamento.

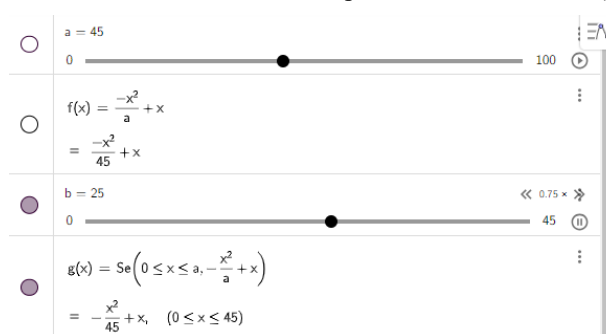
Com base nessas descobertas, o desenvolvimento de um aplicativo com o GeoGebra que simula a situação em questão teve início.

4.6 CONTAGEM REGRESSIVA PARA A DECOLAGEM NO GEOGEBRA

A construção do simulador de lançamento de foguetes no GeoGebra (inspirado na MOBFOG) começou com a implementação de comandos que permitissem aos alunos registrar o alcance máximo atingido por seus foguetes. Essa primeira etapa, foi crucial para a criação de um recurso interativo, que visava integrar os dados experimentais obtidos pelos alunos durante a MOBFOG ao ambiente digital.

Em seguida, equações foram inseridas no GeoGebra para oferecer uma representação visual, na malha quadriculada, do trajeto percorrido pelo foguete durante o voo; (conforme ilustrado na figura 7). Essa etapa complementar visava a visualização dinâmica do movimento do foguete, permitindo aos alunos analisar graficamente os aspectos cinemáticos do lançamento, e compará-los com os resultados obtidos por seus colegas.

Figura 7: Comandos Utilizados no GeoGebra para Criar o Simulador (Parte 1)



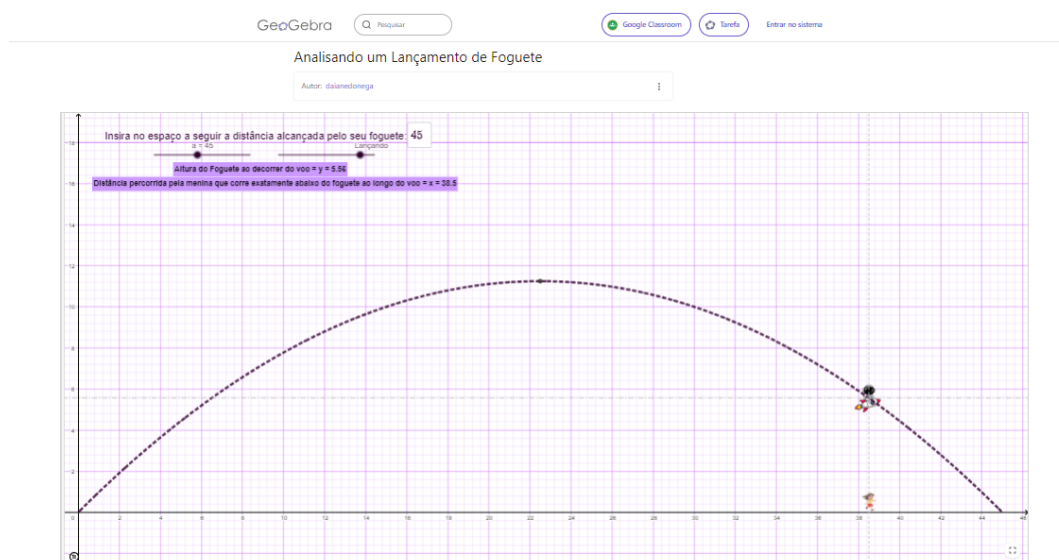
Fonte: Acervo da autora

Para melhorar o apelo estético e a intuitividade do simulador de lançamento de foguetes no GeoGebra para os alunos, imagens que se movimentavam como um foguete e uma criança foram integradas na representação visual do lançamento. Essa etapa final teve como objetivo transformar a representação pontual simplista do foguete em uma imagem mais compreensível e atraente para os alunos. Devido a esse cuidado, a compreensão da atividade foi facilitada, tornando a experiência de aprendizagem mais imersiva. A inclusão de elementos visuais criou

uma associação mais direta com o contexto real da MOBFOG, consequentemente, tornou o simulador mais próximo da experiência real que os alunos tiveram durante os lançamentos de foguetes. Embora as mudanças possam parecer pequenas, elas têm um impacto significativo na forma como os alunos interagem com o material.

Com estes conjuntos de ações, os estudantes puderam visualizar o trajeto percorrido pelos seus foguetes, acompanhando em tempo real a altura (valor de y no plano cartesiano) e a distância (valor de x no plano cartesiano) percorrida pelo foguete durante seu voo.

Figura 8: Aplicativo criado com o GeoGebra



Fonte: Acervo da Pesquisa

Nesta criação, ao inserir os dados do alcance máximo atingido pelos foguetes no simulador, o sistema inicia a simulação do voo. Considerando que os foguetes foram lançados com uma inclinação de 45° e utilizando as equações matemáticas previamente desenvolvidas (Equação VII), o simulador gera uma representação visual da trajetória, evidenciando a parábola que descreve o movimento. Como afirmam Idem, Scucuglia e Gadanidis (2020, p. 02), uma simulação "é um modelo digital que permite a experimentação e a análise de fenômenos reais ou imaginários."

Para experimentar e explorar essa simulação, basta clicar neste link: <https://www.geogebra.org/m/gcuyhwwb>. Ao acessá-lo, uma nova janela se abrirá, como a mostrada na imagem 8, conduzindo você ao GeoGebra e à atividade criada para ajudar os alunos a explorar conceitos matemáticos e físicos relacionados ao lançamento de projéteis, especialmente o foguete que eles mesmos construíram para a MOBFOG.

Na sequência, descrevem-se em detalhes as atividades planejadas e a estrutura do projeto, concebido para orientar os alunos na investigação da questão central: “Qual foi a altura máxima alcançada pelo foguete?”.

4.7 COLOCANDO EM PRÁTICA AS ATIVIDADES

O Experimento de Ensino, desenvolvido com os alunos, contemplou atividades práticas e experimentais, além de reflexivas, tendo em vista a articulação de diferentes instrumentos e caminhos para propiciar a aprendizagem e o desenvolvimento de habilidades pertinentes. O simulador de lançamento de foguetes, que já foi apresentado, teve um papel relevante no desenvolvimento das atividades, pois permitiu que os alunos trabalhassem os conceitos relacionados ao lançamento dos projéteis de maneira interativa e experimental.

A parte de interação com os alunos foi um elemento essencial para entender suas experiências relacionadas à MOBFOG e suas percepções e reflexões sobre o evento. Conversas e entrevistas foram realizadas na tentativa de capturar esses aspectos e de enriquecer a pesquisa com as vozes dos próprios participantes.

Além de atividades práticas e discussões com os alunos, o experimento introduziu o uso da inteligência artificial (IA), especificamente por meio do ChatGPT. Esse recurso foi utilizado para potencializar uma das atividades propostas, estimulando a criatividade e promovendo o engajamento dos alunos com as novas tecnologias.

Para abordar as diferentes perspectivas e temas da pesquisa de forma organizada, o encontro com os alunos foi dividido em várias etapas, cada uma com um foco específico. As próximas subseções descrevem com detalhes essas etapas e seus objetivos.

4.7.1 Uma Conversa com os Estudantes

Os primeiros minutos de interação com os estudantes foram dedicados a um bate-papo informal, com um viés de entrevista, para descobrir as impressões e experiências vividas por eles durante a MOBFOG. Com curiosidade e empolgação, ouvíamos seus relatos sobre os acontecimentos que marcaram o período pré-evento, os momentos vividos durante a MOBFOG e as reflexões que surgiram após a experiência. Esse momento de conversa descontraída permitiu que os alunos compartilhassem suas histórias e sentimentos de forma espontânea, construindo um clima de confiança e abertura para as demais etapas da pesquisa.

Acerca da escolha de usar a entrevista como técnica de pesquisa na perspectiva qualitativa temos que:

[...] é a de favorecer a relação intersubjetiva do entrevistador com o entrevistado, e, por meio das trocas verbais e não verbais que se estabelecem neste contexto de interação, permitir uma melhor compreensão dos significados, dos valores e das opiniões dos atores sociais a respeito de situações e vivências pessoais. Outra vantagem é a flexibilização na condução do processo de pesquisa e na avaliação de seus resultados, visto que o entrevistado tem um papel ativo na construção da interpretação do pesquisador. Esta seria uma modalidade de triangulação (confiabilidade), pois, ao invés de o pesquisador sustentar suas conclusões apenas na interpretação que faz do que o entrevistado diz, ele concede a este último a oportunidade de legitimá-la. Este é um dos aspectos que caracteriza o produto da entrevista qualitativa como um texto negociado (Frase; Gondim, 2004, p. 140).

Para garantir a coerência e o aprofundamento das interações com as diferentes duplas, foi elaborado um roteiro de perguntas-chave. Este roteiro foi utilizado com o intuito de:

- Direcionar a conversa para o objetivo central da pesquisa: compreender a experiência dos entrevistados com a MOBFOG.
- Padronizar as entrevistas: assegurar que todos os participantes respondam às mesmas perguntas, facilitando a comparação das informações.
- Garantir a abrangência do tema: incluir questionamentos relevantes sobre a MOBFOG, evitando a omissão de aspectos importantes.

Com esse roteiro, foi possibilitado obter informações mais completas e consistentes sobre a experiência dos entrevistados, contribuindo para a análise e compreensão do tema como poderá ser visto no capítulo que a análise de dados é realizada.

Figura 9: Perguntas da Entrevista Pré-estruturada

Nome: _____

Coletando Relatos - Roteiro do Pesquisador

1) Qual foi a parte mais empolgante do projeto do foguete para você?

2) O que você aprendeu sobre foguetes durante esse projeto?

3) Houve alguma parte do processo de construção do foguete que você achou desafiadora?

Fonte: Acervo da Autora

4.7.2 Voando Alto com a Matemática - Parte I

Nesta primeira parte, é levado em conta como o desenho é capaz de permitir que as

peessoas expressem sua experiência de forma individual e criativa, usando elementos visuais que representem seus sentimentos, memórias e percepções. Trabalhando especificamente com crianças com 10 anos de idade, pontos de vista como o de Hanauer (2011) mostra como esta primeira parte da aplicação do projeto é de muita importância.

O desenho, como linguagem, também se constitui um instrumento do conhecimento e leva a criança a percorrer novos caminhos e apropriar-se do mundo. A criança que desenha estabelece relações do seu mundo interior com o exterior, adquirindo e reformulando conceitos, aprimorando suas capacidades, envolvendo-se afetivamente e operando mentalmente. Assim, ela externaliza sentimentos e expressa pensamentos (Hanauer, 2011, p.75)

Para desvendar as nuances da experiência individual na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), propusemos aos alunos uma atividade criativa: desenhar algo que representasse, para cada um deles, a participação no evento. Essa proposta foi elaborada como forma de captar as singularidades e diferentes perspectivas que os estudantes tiveram ao longo da MOBFOG, permitindo-nos compreender quais elementos deixaram uma marca mais profunda em suas memórias. Desse modo, a análise aqui buscou identificar quais aspectos da experiência foram ressaltados pelos alunos, considerando elementos como a construção do foguete, a emoção vivenciada no momento do lançamento ou a interação colaborativa em equipe. O objetivo foi evidenciar os elementos mais significativos apontados pelos participantes, de modo a valorizar suas percepções individuais no contexto da atividade.

Figura 10: Voando Alto com a Matemática- parte I

Nome: _____

Voando Alto com a Matemática - Parte I

Desenhe como foi participar da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG).



Fonte: Acervo da Autora

Os esboços feitos pelos alunos, além de demonstrarem a criatividade e a expressão pessoal de cada um, também servem como uma valiosa fonte de dados para estudos. Por meio de representações visuais, podemos determinar quais partes da MOBFOG foram mais

marcantes para cada estudante, revelando suas perspectivas e interpretações sobre o assunto. A avaliação dos desenhos também possibilita perceber como diversos estudantes podem ter diferentes pontos de vista sobre um mesmo cenário, evidenciando a diversidade de pontos de vista e a riqueza da experiência vivida com a MOBFOG.

4.7.3 Voando Alto com a Matemática - Parte II

Esta etapa do estudo foi realizada por meio de um plano de atividades práticas que fez uso do simulador de lançamento de foguetes no ambiente interativo do GeoGebra. Através de intuição e experimentação, o grupo estudou conceitos fundamentais como a trajetória de projéteis e a altura máxima que um objeto pode atingir quando lançado a 45° .

O simulador foi decisivo para converter o processo de ensino-aprendizagem em uma experiência interativa e visual, a qual viabilizou a apropriação de conceitos abstratos pelos alunos envolvidos. A falta de familiaridade com conceitos matemáticos e físicos afins ao lançamento de foguetes, comuns em estágios escolares mais avançados, foi superada pela representação dinâmica e intuitiva do simulador. A possibilidade de manipular, virtualmente, os elementos do lançamento e observar os efeitos gerados pelas suas ações permitiu aos alunos construir uma compreensão inicial desses princípios de maneira mais acessível e envolvente.

Diante do cenário apresentado, a metodologia do "*Engineering Design Process*" foi um guia no desenvolvimento das atividades desse experimento de ensino. Essa abordagem, elaborada no capítulo 3, serviu para auxiliar os alunos no “organizar” o trabalho com base em um processo cíclico de design de engenharia, apropriado para a faixa etária dos participantes.

A definição clara das fases do design, como "definir o problema", "realizar pesquisa" e "criação do protótipo", ajudou os alunos a entenderem o que se espera em cada etapa da atividade, contribuindo para um trabalho mais organizado e ativo.

O Processo de Design de Engenharia caracterizou parte do trabalho de pesquisa realizado com os alunos, usando o lançamento de foguete como palco do problema da investigação e desenvolvimento dos conceitos STEM.

Quadro 8: Descrevendo os etapas pensadas na atividade com base no Processo de design de Engenharia

Etapa	Descrição
i. Definir o Problema	Apresentar a pergunta inicial ("Qual a altura máxima que o foguete atingiu?"), explorar a relação entre alcance e altura máxima, e definir oficialmente o problema: Como modelar a

	relação matemática entre alcance e altura máxima dos foguetes lançados.
ii. Pesquisar o Problema	Utilizar o simulador do foguete no GeoGebra para experimentar trajetórias de voo e observar os resultados. Simular várias vezes, variando os parâmetros de lançamento para analisar os alcances obtidos.
iii. Imaginar Possíveis Soluções	Utilizar o simulador para realizar experimentos mentais, formular hipóteses sobre a relação entre o alcance e a altura máxima do foguete e gerar ideias.
iv. Analisar e Avaliar Soluções	Planejar a pesquisa, selecionar as melhores ideias e desenvolver um plano para testar sua viabilidade com base nas observações do simulador.
v. Escolher a Melhor Solução	Analisar e avaliar as opções e ideias, escolhendo uma "teoria" para dar início à investigação.
vi. Criar o Protótipo	Construir uma fórmula/regra matemática para calcular a altura alcançada pelo foguete em função da distância percorrida, representando a solução inicial para o problema proposto.
vii. Testar o Protótipo	Testar a solução desenvolvida no simulador do GeoGebra, utilizando diferentes configurações de lançamento para verificar sua validade em vários exemplos.
viii. Analisar e Melhorar a Solução	Analisar a efetividade da solução, comparar os resultados com a fórmula/regra, e discutir como melhorá-la, caso necessário.

Fonte: Elaborada pela autora

Em casos de discrepância entre o modelo matemático pensado e as simulações, reunidos, os alunos tem a oportunidade de refletir, identificar os pontos fracos da solução e fazer os ajustes necessários, remodelando a fórmula e iniciando o ciclo novamente até chegarem em uma solução final efetiva.

Figura 11: Voando Alto com a Matemática - Parte II - Introdução ao simulador

Nome: _____

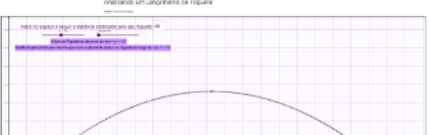
Voando Alto com a Matemática - Parte II

Prezado/a aluno/a,

Para prosseguirmos com a segunda parte deste projeto, é essencial utilizar o Software GeoGebra. Para começar, por favor, abra no computador disponibilizado o link abaixo:
<https://www.geogebra.org/m/gcuyhwwb>

Procedimentos:

Ao acessar o link acima, a seguinte página será aberta no computador:



Fonte: Acervo da Autora

4.7.4 Voando Alto com a Matemática - Parte III

A etapa final das atividades desenvolvidas com os alunos teve como foco a exploração da inteligência artificial (IA), especificamente o ChatGPT, e o intuito desta etapa foi estimular a criatividade e a expressão artística.

Com as finalidades em mente, os alunos foram incentivados a utilizar a IA para gerar poemas que representassem os sentimentos sentidos durante os momentos pré até pós da Olimpíada Experimental. Para garantir a originalidade e a personalização dos poemas gerados, cada dupla de alunos realizou uma conversa separada com o ChatGPT.

A escolha de realizar abas de conversa separadas para cada dupla durante a interação com o ChatGPT teve como objetivo garantir a independência e a singularidade das respostas geradas pela inteligência artificial. A capacidade de aprendizado e adaptação do ChatGPT, que a cada pergunta respondida, aprende mais e, consequentemente, melhora suas próximas respostas (Investnews, 2023), implicava o risco de que respostas anteriores influenciassem a criação dos poemas apresentados aos alunos. Ao utilizar abas separadas, foi possível assegurar que cada dupla recebesse uma resposta única, livre de vieses decorrentes de interações anteriores, permitindo uma comparação mais justa e precisa das experiências de cada indivíduo.

Para "alimentar" o ChatGPT, cada indivíduo da dupla utilizou 4 palavras-chaves que representavam sua participação na MOBFOG, no processo de pesquisa e nas experiências vividas com os roteiros de estudo e o simulador de lançamento de foguetes.

Essa abordagem permitiu que o ChatGPT gerasse poemas únicos, expressando as percepções e reflexões de cada aluno de forma personalizada, tornando a interação com a IA ainda mais rica e significativa.

Essa atividade inovadora permitiu que os alunos experimentassem uma nova forma de criação literária, explorando o potencial da IA como um meio de expressão artística.

Figura 12: Voando Alto com a Matemática - Parte III

Nome: _____

Voando Alto com a Matemática - Parte III

1) Escreva 4 palavras que descrevam/representem a sua participação na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) e neste projeto aqui hoje aplicado.

Palavra 1:
Palavra 2:
Palavra 3:
Palavra 4:

2) Utilize o ChatGPT para fazer a solicitação apresentada a seguir, substituindo exclusivamente às palavras "palavra 1", "palavra 2", "palavra 3" e "palavra 4" pelas quatro palavras previamente escolhidas por você.

Componha um poema que descreva um momento representado pelas seguintes palavras: palavra 1, palavra 2, palavra 3 e palavra 4

Enviar mensagem

Fonte: Acervo da Autora

4.8 CENÁRIO DA PRODUÇÃO DE DADOS

A produção de dados ocorreu em uma escola pública municipal localizada em uma cidade do interior de São Paulo. Participaram da pesquisa oito alunos do quarto ano do ensino fundamental, organizados em quatro duplas, com cada dupla composta por alunos de uma mesma turma.

Quadro 9: Participantes da pesquisa

Duplas	Nomes Fictícios
Dupla 1	Higor
	Isabele
Dupla 2	Gabriel
	Fernanda
Dupla 3	Luís
	Maria
Dupla 4	Michelle
	Mayara

Fonte: Elaborado pela Autora

Para a realização das sessões de pesquisa, obtivemos autorização formal da Secretaria de Educação e Cultura do município, da diretoria da escola onde a pesquisa em campo ocorreu e dos responsáveis pelos alunos (Anexo 1), uma vez que os participantes eram menores de idade. Houve um pedido de autorização para os próprios alunos e este foi obtido por meio de um diálogo aberto e consensual antes do início das atividades, garantindo a sua compreensão e consentimento para participar da pesquisa.

A escola participante da pesquisa foi selecionada por sua afim participação na MOBFOG, evento que serviu como base para a construção do tema investigado. A escolha se deu também pelo entusiasmo e dedicação demonstrados pelos professores e gestores da escola, que se dedicaram ativamente ao processo de aprendizagem dos alunos, desde a construção dos foguetes até o seu lançamento, além da questão de facilidade, uma vez que os gestores fazem parte da rede de contatos dos envolvidos na pesquisa.

A escola foi receptiva e fornecedora de um ambiente estimulante para a aprendizagem, contando com espaços adequados como uma biblioteca, um laboratório de informática, uma quadra de esportes coberta e uma área aberta que favoreceu a realização das atividades propostas na Mostra.

O tempo passado nessa escola evidenciou um clima acolhedor e aberto à inclusão de métodos de ensino mais dinâmicos e participativos, criando um ambiente propício para a experimentação e a criatividade.

O levantamento de dados foi realizado em dezembro de 2023. Os oito estudantes do quarto ano do ensino fundamental colaboraram na pesquisa se apresentando para as atividades em duplas e disponibilizando para a pesquisa seu tempo respondendo perguntas e buscando soluções para os problemas trazidos em um roteiro de ensino que foi elaborado para ser feito em uma duração média de duas horas. Esta estratégia adotada possibilitou uma interação mais personalizada com cada grupo, simplificando a observação de suas interações e o registro minucioso de suas vivências.

Em relação aos materiais utilizados, um único notebook e câmera trazidos pelos pesquisadores foram suficientes para atender as necessidades da pesquisa. As atividades com o GeoGebra foram realizadas de forma colaborativa por cada dupla, com ambos os alunos interagindo simultaneamente com o simulador. Já as conversas com o ChatGPT foram realizadas individualmente, com cada aluno interagindo com a inteligência artificial de forma alternada. As atividades impressas foram preparadas previamente e fornecidas a todos os participantes da pesquisa, garantindo que todos tivessem acesso aos materiais necessários para

a realização das tarefas.

4.8.1 Cenário da produção de dados

A obtenção de dados para este estudo ocorreu de diversas maneiras, inseridas em um procedimento de pesquisa qualitativa. Inicialmente, utilizou-se a análise de registros escritos e documentos para entender a construção da experiência MOBFOG, entendendo a logística e os processos implicados na atividade. Posteriormente, registraram-se de forma sistemática as falas dos estudantes sobre a fase de construção do foguete. Essas anotações focaram em tópicos pertinentes que facilitem a compreensão das visões dos estudantes sobre a atividade em si, o papel do educador encarregado e o ambiente formado em torno da Olimpíada Experimental.

A produção de dados não se limitou apenas à análise da etapa de construção, mas também ao registro das falas dos estudantes acerca da experiência de fazer o lançamento de foguetes. Foram anotadas as manifestações de entusiasmo e as expectativas depositadas no momento, assim como a eventual expressão de frustrações e as reflexões sobre as estratégias que seriam adotadas em um novo lançamento, caso a oportunidade se apresentasse. Esse registro detalhado, obtido por meio de diferentes métodos, permitiu traçar um retrato abrangente da experiência MOBFOG, englobando os aspectos da construção, do lançamento e das percepções dos alunos envolvidos.

A observação direta depende mais da habilidade do pesquisador em captar informação através dos 5 sentidos, julgá-las sem interferências e registrá-las com fidelidade do que da capacidade das pessoas de responder a perguntas ou se posicionar diante de afirmações (Barbosa, 2008).

Já para capturar o máximo de informações possíveis durante os encontros, foi utilizada uma estratégia apoiada na tecnologia: a gravação em vídeo. Essa decisão se baseou em questões como a apontada pelas educadoras Andrea Garcez, Rosalia Duarte e Zena Eisenberg (2011), que demonstram a grande importância da imagem em movimento e áudio na pesquisa educacional. Uma vez que elas fazem com que através do vídeo consigamos captar detalhes importantes que outros métodos não conseguem, como:

- Expressões corporais e faciais: A linguagem não verbal, muitas vezes, revela mais do que as palavras. As gravações em vídeo nos permitem analisar cuidadosamente as reações dos participantes durante as atividades, percebendo nuances sutis de suas expressões, o que enriquece a análise dos dados.
- Reações a diferentes estímulos: As reações dos participantes ao assistirem filmes, analisarem imagens, ouvirem músicas e realizarem atividades como leitura em voz alta, trabalho em grupo

ou tarefas individuais. Essas informações, captadas em vídeo, ajudam a compreender as diferentes formas de engajamento e participação durante os encontros.

Sobre esse modo de produção de dados vale registrar que “são produções quase tão subjetivas e pessoais quanto o diário de campo, e isso precisa ser levado em conta no momento da análise” (Garcez; Duarte; Eisenberg, 2011, p. 256).

A fim de capturar a dinâmica do processo de aprendizagem de forma integral, a pesquisa também se beneficiou da gravação de tela do notebook utilizado pelos alunos. Essa ferramenta, além de registrar os resultados finais da exploração do software GeoGebra e da interação com o ChatGPT, também possibilitou o acompanhamento minucioso de cada etapa da construção do conhecimento.

As gravações de tela, como um registro fiel do processo de aprendizagem, capturam não apenas os momentos de acerto e êxito, mas também os momentos de erro, frustração e reformulação. A riqueza de detalhes presentes nessas gravações, que incluem as interações dos alunos com as tecnologias, as decisões tomadas em cada etapa, e as eventuais dificuldades encontradas, permite a construção de uma análise mais aprofundada e rica, tornando possível compreender com mais precisão as estratégias de aprendizagem, os desafios e os avanços de cada participante.

Esse acúmulo de informações, proporcionado pelas gravações, contribuiu significativamente para a robustez e a solidez da pesquisa, garantindo uma análise mais completa, detalhada e fundamentada em dados concretos e contextualizados.

5. ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS DADOS

Nas últimas décadas, os estudiosos da Educação Matemática têm se servido da tecnologia para registrar e analisar dados de áudio e vídeo de professores/as e alunos em atividade matemática (Powell; Francisco; Maher, 2004). Como vários outros pesquisadores, também foi feita nesta pesquisa uso de câmeras e aplicativos de captura de tela de computadores para se fazer valer dessa oportunidade de investigação em profundidade sobre a interação entre todos os participantes do processo de ensino e aprendizagem a partir dos registros de diversos ângulos e perspectivas tecnológicas.

Para a análise dos vídeos nesta investigação produzidos, foi feito valer o modelo de Powell, Francisco e Maher (2004), que propõe uma abordagem não linear. Essa abordagem se baseia em procedimentos que permitem: visualização e descrição dos dados; codificação, identificação e seleção de eventos críticos; transcrição; e composição da narrativa da pesquisa.

Apesar da investigação aqui em questão se diferenciar um pouco da proposta dos autores mencionados anteriormente, já que esta não se tratou de uma pesquisa longitudinal em decorrência do tempo disponibilizado para a conclusão do mestrado e devido ao tempo que foi ofertado junto à escola. Aqui nesta obra também foi buscado desvendar em detalhes a evolução de como as ideias matemáticas se desenvolvem nos alunos ao longo do experimento de ensino. Além disso, o estudo visa fornecer análises sobre o progresso da capacidade de justificar e propor demonstrações, explorando a relação entre ideias e *insights* prévios e a capacidade de realizar as atividades posteriormente sob uma metodologia que buscava trazer os conceitos da Educação STEAM com princípios do Processo de Design de Engenharia (PDE).

5.1 A “CIÊNCIA” (S), “TECNOLOGIA” (T) E “MATEMÁTICA” (M) NA ABORDAGEM STEM

A educação em ciências exatas alinhadas a uma perspectiva integrada com as tecnologias, sob a perspectiva da abordagem STEM, pressupõe não apenas a transmissão de conceitos, mas a vivência de situações investigativas que promovam a construção ativa do conhecimento. No experimento analisado, a dimensão “Ciência” (*Science*) se fez presente de maneira significativa por meio da observação, análise e modelagem de fenômenos relacionados à física do movimento, gravidade, trajetória e forças.

Segundo Namukasa, Hughes e Scucuglia (2021), a dimensão científica no contexto STEM deve articular a experimentação concreta com a modelagem conceitual, favorecendo a compreensão de fenômenos naturais a partir da interação entre estudantes, materiais e

linguagem científica. Essa perspectiva foi evidenciada nas falas das crianças durante a aplicação do experimento de ensino, como na seguinte observação feita pela aluna Isabele:

Isabele: Ah, eu lancei o foguete, ele chegou ao ponto máximo, que é a metade, aí foi perdendo força e a gravidade começou a puxar para baixo até chegar ao solo.

Essa descrição evidencia a mobilização intuitiva de conceitos fundamentais da física, como gravidade, impulso e trajetória parabólica. Tais conceitos, embora não nomeados formalmente pela estudante, são compreendidos e descritos com base na experiência direta. O saber aqui é construído de forma situada, partindo da vivência do sujeito (Lopes et al., 2022) para, em seguida, ser modelado conceitualmente.

Nesse contexto, a fala de Isabele exemplifica como o conhecimento matemático e científico pode emergir de interações mediadas por tecnologias e aspectos culturais, em consonância com a perspectiva dos seres-humanos-com-mídias (Borba, Scucuglia e Gadanidis, 2014). O foguete construído com materiais escolares e o simulador digital operam como mídias que, ao serem apropriadas pelos estudantes, reconfiguram seus modos de pensar e de explicar fenômenos físicos. Assim, a formulação de uma explicação intuitiva, como a ideia de “perder força” até “chegar ao solo”, não pode ser vista como um erro ou uma simplificação, mas como uma forma legítima de cognição emergente em um coletivo que inclui estudantes, pesquisadores, artefatos materiais e digitais. O conceito de coletivo pensante permite compreender como essa cognição é distribuída e reconfigurada em contextos investigativos mediados tecnologicamente.

A transição da observação para a análise quantitativa ocorreu com o apoio de simulações digitais, colocando em prática os eixos "Tecnologia" e "Matemática" da abordagem STEM. Ao interagirem com um software de geometria dinâmica como o GeoGebra, os alunos puderam visualizar a trajetória e estabelecer relações entre as variáveis do movimento. Esse processo de investigação, como se vê no diálogo a seguir, permitiu a descoberta de padrões matemáticos:

Pesquisador 1: E aí, quando ele chegou a 18 metros de distância, a altura máxima era quanto?

Isabele: 9.

Pesquisador 1: Então, qual a relação entre 36 e 18?

Isabele: É a metade.

Higor: Porque 18 é metade de 36.

Pesquisador 1: Isso. E entre 18 e 9, qual a relação?

Higor: A metade.

[...]

Pesquisador 1: Ó, minha pergunta é assim, né? Vamos lá. Vamos supor que o foguete fez essa trajetória aqui, tudo bem? Aí vocês disseram que ele chegou a 36, não foi? E aqui é a metade,

certo?

Higor: Sim.

Pesquisador 1: Que era 18. E aí ele chegou a...

Higor: 9 metros.

Pesquisador 1: 9. Aí vocês disseram que, daqui para cá, é metade. Do 18 para o 9, também é metade.

Isabele e Higor: É metade.

Pesquisador 1: Mas e do 36 para o 9? Como que eu chego? Qual é a relação?

[...]

Higor: Divisão?

Pesquisador 1: Tá. Dividiu 36 por quanto?

Higor: Por 3.

Pesquisador 1: Vocês disseram assim, né? Do 36 para 18, eu dividi por 2, certo?

Higor: Certo.

Pesquisador 1: Do 18 para 9, também dividi por 2.

Higor: Sim.

Pesquisador 1: E do 36 para o 9, por quanto eu tenho que dividir?

Higor: Por quatro.

Pesquisador 1: Muito bem, Aluno 1, por quatro, né? Tudo bem?

Higor: Sim.

Pesquisador 1: Então, dá para dizer o quê? Que a altura máxima que o foguete chega... Com relação à distância que ele alcançou, é quanto?

Higor: Quatro?

Pesquisador 1: Isso! Um quarto, na verdade.

Esse episódio revela aspectos do papel da tecnologia como mediadora do pensamento matemático. O GeoGebra, ao simular a trajetória do foguete, oferece aos estudantes um meio visual e interativo de experimentar relações matemáticas, facilitando o reconhecimento de proporções e padrões. Essa mediação tecnológica não atua isoladamente, mas como parte integrante de um processo coletivo de construção do conhecimento. A noção denominada coletivo pensante nos ajuda a compreender que as descobertas feitas por Higor e Isabele não são produto de sua cognição individual, mas resultam da articulação entre suas ações, o ambiente digital incluindo as potencialidades do GeoGebra, a mediação do pesquisador e a tarefa proposta. Dessa forma, o ambiente digital opera como um “agente cognitivo” (Borba, Neves, Domingues, 2018), que reorganiza a atividade mental e viabiliza a emergência de generalizações matemáticas.

A dimensão tecnológica, como já comentado, foi fortemente evidenciada pela utilização de um software de simulação desenvolvido especificamente para o experimento de ensino, o qual permitiu a visualização gráfica da trajetória dos foguetes e a análise de variáveis como distância, altura e ângulo de lançamento. Esse recurso, mediado pelos pesquisadores, promoveu discussões qualificadas e aproximações com a linguagem científica formal.

Na conversa transcrita de outra dupla de estudantes que participaram desta pesquisa, os mesmos interagiram com a simulação digital e a pesquisadora mediu a leitura do gráfico,

introduzindo termos matemáticos e físicos como “parábola” e “vértice da parábola”, como segue:

Pesquisadora 2: Vocês me disseram no começo que seria uma meia circunferência, né?

Gabriel: Uhum.

Pesquisadora 2: Só que nesse caso, esse desenho tem um nome, ele se chama parábola. Vocês não viram ainda, mas lá no Ensino Médio vocês vão aprender, e aí vocês vão trabalhar com parábola, como que faz a continha do vértice, por exemplo. O ponto máximo de uma parábola é o vértice, que chama vértice da parábola. Tem uma fórmula, tudo certinho, mas vocês vão ver mais pra frente, ok? Então, dessa parte seria isso. Vocês entenderam como funcionou o software?

Ao explorarem o conceito de parábola em uma discussão sobre a trajetória de objetos lançados no ar, os participantes evidenciam abordagens alinhadas aos princípios da educação STEM (Sanders, 2009). O diálogo também ilustra como esse tipo de investigação favorece uma compreensão progressiva dos conceitos científicos, ao articular experiências concretas com saberes teóricos que serão aprofundados nos anos seguintes da formação escolar.

Contudo, é fundamental diferenciar o uso eficaz da tecnologia de sua mera presença. Nesse sentido, a análise se alinha à crítica de Sanders (2009) à "STEMmania" — o entusiasmo superficial pelo acrônimo sem uma transformação pedagógica real. O diferencial do experimento aqui analisado não reside no software em si, mas em sua integração intencional ao processo investigativo, posicionando os alunos como agentes ativos na análise. Essa prática, portanto, exemplifica o potencial das tecnologias digitais para a inovação didático-pedagógica na Educação Matemática, como discutido por Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014).

Por fim, é importante destacar que a prática científica englobou não apenas aspectos conceituais, mas também elementos motivacionais e expressivos, como a curiosidade e a criatividade dos alunos. As crianças mostraram-se engajadas e motivadas ao verem seus experimentos transformarem-se em objeto de estudo coletivo, o que reafirma a importância da afetividade e da emoção no processo de construção do conhecimento científico.

Portanto, a dimensão “Ciência”, “Matemática” e “Tecnologia” na atividade analisada se expressou de forma multifacetada, integrando observação, modelagem, linguagem, análise de dados, simulação e diálogo colaborativo. Essa experiência educativa evidencia o potencial da abordagem STEM para promover uma aprendizagem significativa e crítica, que articula teoria e prática, razão e sensibilidade, contribuindo para a formação de sujeitos ativos, reflexivos e cientificamente alfabetizados.

5.2 A APLICAÇÃO DO PROCESSO DE DESIGN DE ENGENHARIA A PARTIR DO TRABALHO COM FOGUETES

O Processo de Design de Engenharia (PDE), conforme descrito por Mangold e Robinson (2013), consiste em oito etapas iterativas: definir o problema, pesquisar o problema, imaginar soluções, analisar e avaliar essas soluções, escolher a melhor, criar protótipos, testá-los e, se necessário, redesenhá-los. No contexto da abordagem STEM, o PDE assume papel central na promoção da resolução criativa de problemas e na construção de conhecimento interdisciplinar com significado para os estudantes.

Nesta seção, propomos analisar como essas etapas se materializaram no decorrer dos momentos vivenciados com os estudantes ao decorrer do experimento de ensino realizado durante os encontros mediados com os estudantes do 4º (quarto) ano do Ensino Fundamental: a produção de desenhos representando o lançamento do foguete, a exploração de uma simulação construída no GeoGebra, e a descoberta da relação entre altura e distância do voo parabólico. Cada atividade será associada aos passos do PDE, evidenciando como esse processo pode ser mobilizado em práticas investigativas na educação básica.

5.2.1 Definição do Problema

A etapa inaugural do Processo de Design de Engenharia, a definição do problema, não se apresentou como um ponto de partida fixo, mas sim como um processo dinâmico e progressivo, marcadamente influenciado pela mediação dos professores-pesquisadores. Esta fase foi fundamental para direcionar a atenção dos estudantes e estabelecer o escopo da investigação, transitando de uma reflexão sobre a experiência prática para um desafio específico de modelagem matemática.

Esse momento de transição teve um papel fundamental para promover o engajamento dos alunos, especialmente por meio da entrevista semiestruturada, em que puderam compartilhar suas experiências ao participarem da MOBFOG. Durante o relato, descreveram como foi construir e lançar seus próprios foguetes, revelando sentimentos, desafios e aprendizados vividos ao longo do processo. Em seguida, os estudantes foram convidados a expressar suas memórias de forma mais visual e sensível, por meio de desenhos que deram forma ao que a imaginação deles retratava ao lembrar a vivência na MOBFOG.

A seguir, são apresentadas produções artísticas que elucidam a expressão idiossincrática dos participantes. As quatro imagens revelam um tema central coeso: a representação do lançamento de foguetes, aludindo à participação dos alunos na Mostra

Brasileira de Foguetes. Os pontos comuns incluem a figura do foguete em ascensão, frequentemente acompanhada de elementos atmosféricos como o sol e nuvens, que contextualizam o evento em um ambiente externo. Observa-se a presença da figura humana nas composições abaixo selecionadas, possivelmente representando os próprios alunos ou observadores, o que confere um caráter autoral e vivencial às produções. A disposição dos elementos sugere uma tentativa de capturar o dinamismo do lançamento e a expectativa associada a esse fenômeno. Tais representações, embora com um estilo gráfico simplificado, manifestam não apenas a capacidade de abstração e construção de narrativas visuais, mas também a internalização de experiências e conceitos científicos de forma lúdica e pessoal, fornecendo um material valioso para a análise da percepção infantil sobre eventos científicos e sua expressão simbólica.

Figura 13: Desenhos da Dupla 1



Fonte: Acervo da Pesquisa

Figura 14: Desenhos da Dupla 4



Fonte: Acervo da Pesquisa

Entretanto, a proposta investigativa não permaneceu ancorada apenas na evocação das lembranças do dia do lançamento dos foguetes. Intencionalmente, o foco da mediação foi conduzido para além da memória descritiva, direcionando os estudantes à análise de uma relação quantitativa específica: a conexão entre o alcance horizontal do foguete e a altura máxima por ele atingida. Esse deslocamento conceitual teve início de maneira sutil, mas estratégica. A mediação buscou, primeiramente, recuperar imagens mentais daquele dia por meio de questões recordativas como:

Pesquisador 1: E o foguete de vocês chegou a que distância? Vocês lembram?

Higor: O meu, eu lembro. Foi 25 metros.

Pesquisador 1: 25 metros? Muito legal!

Isabele: Ah, eu não lembro.

Pesquisador 1: Tá bom. Vocês não estavam na mesma equipe, certo? Estavam em equipes diferentes?

Higor: Sim, diferentes.

A partir dessa etapa de recuperação das distâncias horizontais, a mediação evoluiu para um segundo eixo de questionamento, agora voltado à dimensão vertical do lançamento: a altura máxima. Como esse dado não havia sido registrado no momento da atividade prática, os estudantes foram estimulados a recorrer a estimativas e comparações com elementos do ambiente, ativando formas mais refinadas de raciocínio proporcional e espacial. Este novo direcionamento pode ser observado no seguinte excerto da transcrição:

Pesquisadora 2: Se vocês fossem chutar a altura máxima, ele fez o voo, a altura máxima que ele atingiu, quanto vocês chutariam?

Luíz: Não, vai você primeiro. Pode ir...

Pesquisadora 2: Não precisa falar em número, pode ser, por exemplo, "eu acho que seria dois negócios daquele..."

Maria: Eu acho... Eu acho que a cadeira é assim, né? Eu acho que ele veio daqui para cá, para o meio. Então eu chutaria... Acho que chutaria uns... calma aí, buguei um pouco...

Luíz: É um chute, não é uma resposta exata. A gente não sabe o quanto que a gente...

Maria: Eu chutaria uns 19.

Pesquisadora 2: 19 metros?

Maria: Uhum. E você, chutaria quanto?

Luíz: Eu acho que uns 27.

Pesquisadora 2: Uns 27?

Luíz: Uhum.

Pesquisadora 2: Em metros também?

Luíz: Uhum.

No contexto da abordagem STEM, especialmente dentro da lógica do Processo de Design de Engenharia, a etapa de definição do problema representa mais do que o simples reconhecimento de uma tarefa a ser executada. Ela envolve a construção compartilhada de um

desafio autêntico, ancorado em experiências prévias e guiado por uma curiosidade investigativa. Após uma fase inicial marcada por estimativas intuitivas e comparações visuais — nas quais os estudantes recorreram a referências ambientais para descrever a altura atingida pelos foguetes —, a introdução do simulador construído no GeoGebra funcionou como um ponto de inflexão no processo pedagógico.

Essa transição permitiu que o problema deixasse de ser vago e aberto, ganhando contornos mais precisos e matematicamente tratáveis. Nesse sentido, o uso do GeoGebra viabilizou a objetivação do fenômeno observado: o desafio, antes baseado em lembranças e suposições, transformou-se na investigação de uma relação matemática entre o alcance horizontal e a altura máxima de um projétil.

Portanto, a definição do problema neste experimento não foi imposta de maneira unilateral, mas resultou de um processo dialógico e interativo, no qual os estudantes foram conduzidos a reinterpretar suas experiências anteriores à luz de novos recursos e objetivos. O foco passou a ser não apenas a simulação do voo, mas a formulação e validação de uma regra matemática que explicasse o comportamento do foguete naquele ambiente virtual.

5.2.2 Pesquisa do Problema

A segunda etapa do Processo de Design de Engenharia (Mangold & Robinson, 2013) desdobrou-se em duas modalidades investigativas complementares ao longo do desenvolvimento da atividade de modelagem: a mobilização da memória experiencial dos estudantes e a exploração sistemática de um ambiente de simulação digital. Essa fase foi essencial para ampliar a compreensão do fenômeno investigado e para construir uma base informacional sólida sobre a qual o modelo matemático seria posteriormente elaborado.

Inicialmente, a mediação realizada pelos professores-pesquisadores concentrou esforços na ativação das lembranças dos estudantes sobre o evento prático de lançamento de foguetes durante a participação na MOBFOG (etapa já iniciada na parte de definição do problema). Essa recordação não teve como objetivo apenas reconstituir o acontecimento em si e definir um problema, mas promover uma transição da memória episódica para uma forma de análise inferencial, na qual a experiência vivida se convertesse em objeto de investigação científica. Perguntas como *“E que altura vocês acham que o foguete chegou?”* ou *“Puxem na memória de vocês, ele não foi bem alto?”* não apenas resgatavam imagens mentais do evento, mas também provocavam os alunos a estimar e justificar seus palpites, abrindo caminho para a formulação de hipóteses testáveis.

Nesta vertente da pesquisa, a mobilização da memória experiencial revelou-se um componente significativo do engajamento dos estudantes. Observou-se uma notável disposição em compartilhar detalhes vívidos sobre o processo de construção dos foguetes, incluindo os materiais específicos empregados e os procedimentos adotados. Para além dos aspectos técnicos, os estudantes demonstraram um esforço em descrever a morfologia do voo observado na prática. O recurso a analogias visuais, como a caracterização da trajetória como sendo "*metade de uma pizza*", sugere uma apreensão intuitiva da curvatura característica do movimento parabólico. Embora desprovidas de formalismo matemático naquele momento, essas descrições fenomenológicas constituíram um importante repertório prático e conceitual inicial. Serviram não apenas para contextualizar a atividade, mas também como um andaime cognitivo, ancorando a subsequente investigação, de natureza mais abstrata, em percepções e experiências concretas.

Pesquisadora 2: Tipo, sem mexer com as mãos, como você descreveria com palavras essa trajetória que ele fez no ar?

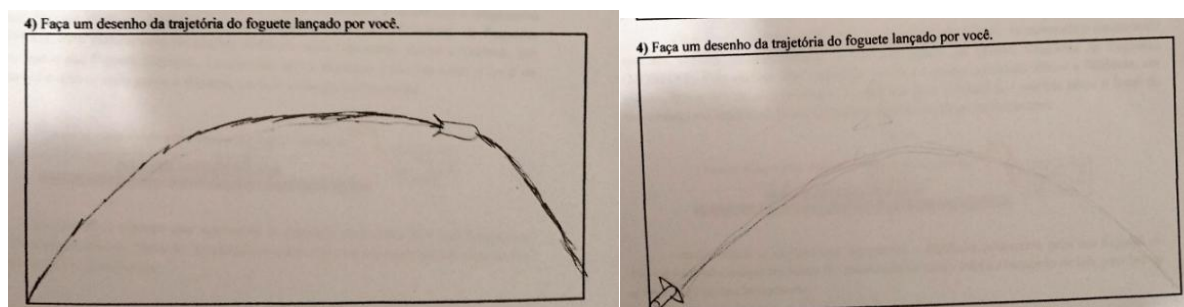
Luíz: Olha, como eu descreveria... No começo ele voou, mas quando chegou na metade ele virou assim para cima e depois começou a cair. É assim, né?

Maria: O meu já foi assim, olha. O meu então, ele já foi tipo um círculo, né? Quando você faz um círculo, metade de um círculo, ele já foi assim, já foi caindo mesmo. Só, tipo, pegou bastante pressão, porque assim não tinha caído pouco, ele foi direto, tipo, fazendo um círculo mesmo. Ele foi direto assim, uuuuh, tipo...

Adicionalmente, um aspecto relevante desta fase de pesquisa foi a solicitação para que os estudantes representassem graficamente, no papel, sua concepção da trajetória do foguete. Em algumas dessas representações e discussões associadas, começaram a emergir indícios de uma consciência sobre a existência de um ponto culminante na trajetória, prenunciando a posterior focalização na identificação e caracterização do vértice da parábola como ponto de altura máxima.

Essa atividade gráfica, portanto, funcionou como uma ponte entre a percepção visual geral e a identificação de características geométricas específicas do fenômeno, preparando o terreno para a análise quantitativa subsequente.

Figura 15: Representação da trajetória do foguete da dupla 2



Fonte: Acervo Pessoal

Dada a ausência de medições precisas durante o evento real da altura atingida pelos foguetes, os estudantes foram convidados a realizar estimativas baseadas em referências espaciais do ambiente escolar. A comparação com elementos tangíveis, como a altura do teto ou o comprimento do muro, tornou-se um recurso importante para dar concretude aos valores numéricos sugeridos.

Pesquisadora 2: Vocês sabem quanto é 27 metros e 19 metros?

Luíz: Ai, nossa! Agora eu lembrei!

Pesquisadora 2: Ó, do teto até o chão são 3 metros. Vocês acham que foram 19 metros?

[...]

Luíz: Não, peraí. Não, acho que seria uns 7.

Pesquisadora 2: Você acha que agora é 7?

Luíz: É, 7.

Pesquisadora 2: E o seu?

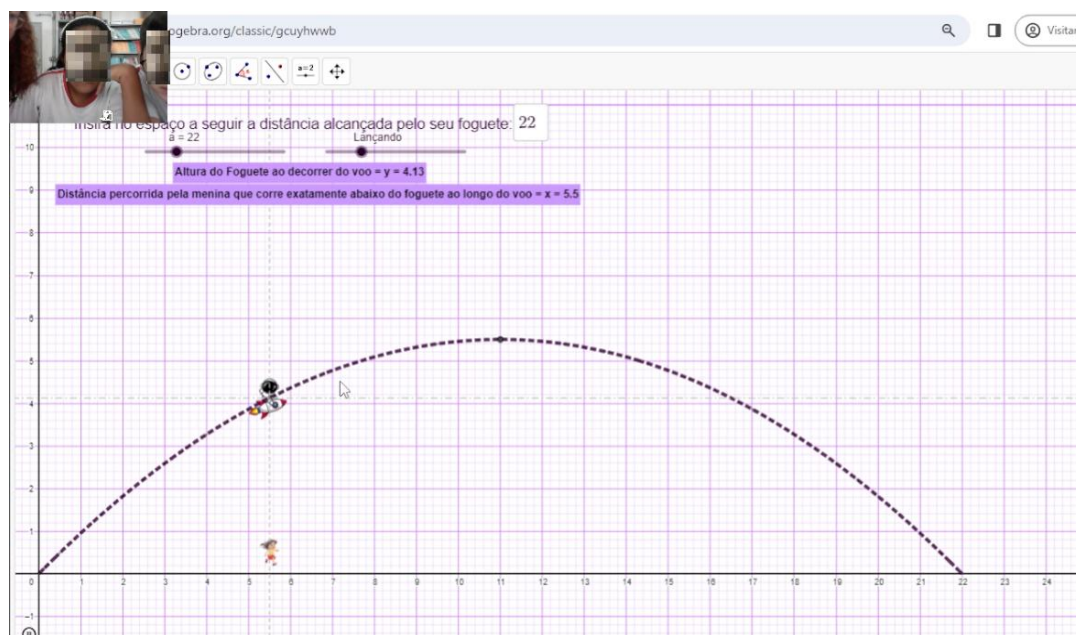
Maria: O meu também, vou falar o mesmo que o dele, porque ele é inteligente, então...

Esse diálogo ilustra como o processo de estimativa, mesmo que inicialmente impreciso, promoveu reflexões sobre escalas e proporções — aspectos fundamentais do pensamento matemático e científico. O uso de elementos do espaço escolar como o teto, o muro ou o portão contribuiu para a construção de uma base referencial concreta, permitindo que os alunos gradualmente estabelecessem relações mais significativas entre números e realidade física.

Essa estratégia, baseada na articulação entre vivência, mediação e exploração do espaço, é coerente com o que Pugliese (2017) defende como um dos pilares da abordagem investigativa na educação científica: promover situações de aprendizagem em que os estudantes sejam convidados a agir, observar, comparar e inferir.

A transição para a segunda vertente da pesquisa do problema se deu com a introdução do GeoGebra, que operou como um catalisador cognitivo, deslocando o foco da recordação qualitativa para uma investigação mais sistemática e quantitativa. Ao simular diferentes trajetórias de foguetes com base em parâmetros de alcance horizontal (sejam eles lembrados, estimados ou hipotéticos), os estudantes passaram a manipular variáveis com maior controle e precisão. O ambiente virtual proporcionava recursos como pausar a simulação, mover pontos e visualizar em tempo real as variações nas coordenadas (x, y) do plano cartesiano, permitindo que observassem de forma dinâmica a relação entre o alcance do foguete e a altura máxima atingida.

Figura 16: Dupla 2 interagindo com o GeoGebra



Fonte: Acervo Pessoal

Figura 17: Dados produzidos pela Dupla 2 ao interagir com o GeoGebra

3) Suponha que o seu foguete tenha alcançado a distância de 36 metros. Com base no software apresentado, preencha a tabela abaixo com os valores correspondentes da altura do foguete quando ele estiver sobrevoando exatamente os seguintes pontos do eixo x:

x (Distância)	y (Altura)
0	0
6	5
12	8
18	9
24	8
30	5
36	0

3) Suponha que o seu foguete tenha alcançado a distância de 36 metros. Com base no software apresentado, preencha a tabela abaixo com os valores correspondentes da altura do foguete quando ele estiver sobrevoando exatamente os seguintes pontos do eixo x:

x (Distância)	y (Altura)
0	0
6	5
12	8
18	9
24	8
30	5
36	0

Fonte: Acervo Pessoal

Em síntese, a etapa de pesquisa do problema combinou dois movimentos fundamentais: de um lado, o resgate de experiências passadas e o uso do espaço físico como referência concreta para estimativas; de outro, a instrumentalização de um ambiente digital para manipulação e observação sistemática de dados. A articulação entre esses dois modos de investigação — experiencial e computacional — favoreceu não apenas o engajamento dos estudantes, mas também a construção de um olhar mais refinado e crítico sobre o fenômeno em estudo, fornecendo os subsídios necessários para as etapas subsequentes de formulação de hipóteses e construção do modelo matemático.

5.2.3 Imaginando e Analisando Possíveis Soluções com o GeoGebra

A terceira etapa do Processo de Design de Engenharia (PDE) corresponde à imaginar possíveis soluções para o problema investigado. Trata-se de uma fase caracterizada por intensa atividade cognitiva, na qual os estudantes, munidos de dados e compreensões construídas nas etapas anteriores, começam a projetar e propor explicações ou modelos que possam responder aos desafios propostos. No contexto do experimento de ensino aqui analisado, essa etapa teve como foco principal a identificação de uma relação matemática que descrevesse a trajetória dos foguetes, especialmente entre as variáveis "alcance horizontal" e "altura máxima atingida".

Ao longo dessa fase, os estudantes foram convidados a analisar os dados produzidos por meio do simulador GeoGebra e, com apoio da mediação dos pesquisadores, a buscar padrões e regularidades que pudessem indicar uma possível função matemática subjacente ao fenômeno observado.

Pesquisadora 2: Agora, está representando a trajetória do foguete como se ele tivesse percorrido 36 metros, certo?

[...]

Pesquisadora 2: Só para ajudar, se clicarem aqui em cima e arrastarem, também funciona. Então, aqui a menina está no 0 metros; qual é a altura do foguete?

Higor: 0 metros.

Pesquisadora 2: Isso, 0 metros.

Pesquisadora 2: E se ela andar 6 metros?

[...]

Isabele: 5.

Higor: É, 5.

Pesquisadora 2: E se ela andar 12?

[...]

Isabele: 8.

Higor: Agora é 18.

Isabele: Tem 18?

Higor: Tem, olha. É mais ou menos a metade, é o pico. Aí.

Isabele: 9. Agora, 24.

Isabele: 8.

Higor: Ih, acho que já vi.

Pesquisadora 2: Já? Vocês estão rápidos.

Higor: 30.

Isabele: 5.

Higor: É. Então a próxima será 0. A mesma coisa do início. Era isso que eu estava pensando.

Pesquisadora 2: Então, o que vocês concluíram dessa experiência?

Isabele: Que do que ele foi, o máximo era 9.

[...]

Pesquisadora 2: Vocês notaram que... Quando ele começa a diminuir?

Higor: Depois do número 18.

Isabele: 9.

Higor: Porque 18 é na altura máxima que ele consegue alcançar. Aí, depois ele vai diminuindo, porque é uma curva.

Pesquisadora 2: Então, você está me dizendo que, quando ele atinge a altura

máxima...

Higor: Ele começa a descer.

Isabele: Ele vai descer.

A emergência de uma compreensão intuitiva sobre as características da trajetória parabólica, especificamente a localização do ponto de altura máxima, pode ser ilustrada pelas constatações do Aluno Higor. Suas verbalizações, como “*É mais ou menos a metade, é o pico. Ai.*” e, posteriormente, ao analisar um lançamento com alcance de 36 metros e altura máxima de 9 metros (onde o ponto médio horizontal é 18 metros), “*Porque 18 é na altura máxima que ele consegue alcançar. Ai, depois ele vai diminuindo, porque é uma curva*”, representam indicativos seminais da percepção de que o vértice da parábola coincide com o ponto médio do alcance horizontal.

Essas afirmações, embora ainda formuladas em linguagem informal, revelam um esforço cognitivo significativo para identificar padrões e princípios subjacentes ao fenômeno observado na simulação. Tal percepção demonstra um processo de raciocínio abduutivo, onde, a partir dos dados específicos apresentados pelo software (valores de alcance e altura correspondente), os estudantes começam a inferir uma regra geral sobre a estrutura geométrica da trajetória. Este tipo de ideação é característico da fase de formulação de hipóteses no PDE, na qual se busca um modelo explicativo que conecte as observações empíricas a um padrão conceitual – neste caso, a simetria da parábola e a singularidade de seu vértice. O reconhecimento do "pico" como ocorrendo "*mais ou menos na metade*" e a justificação da descida subsequente como uma consequência da "*curva*" indicam uma construção mental inicial do modelo parabólico e suas propriedades fundamentais.

Essa conjectura, baseada em observações empíricas dentro do GeoGebra, evidencia que o software não apenas oferece feedback visual, mas também atua como um potencializador do processo de ensino e da aprendizagem voltados à “Experimentação Matemática” com possibilidades do surgimento de novos conceitos e novas teorias matemáticas (Borba, 1999), possibilitando o desenvolvimento do pensamento matemático a partir da manipulação ativa dos objetos.

Outro elemento importante é que as hipóteses surgiram em um contexto de interação entre sujeitos e tecnologia, um “coletivo pensante”, como define Borba (1999) com base em Tikhomirov (1981). Nesse sentido, os estudantes não estavam apenas deduzindo, mas construindo conhecimento com e através do GeoGebra. Essa abordagem articula-se com a concepção de Namukasa, Hughes e Scucuglia (2021), que enfatizam o potencial das tecnologias digitais na criação de experiências matemáticas estéticas, exploratórias e criativas.

A concepção de matemática como construção interativa e colaborativa entre humanos e tecnologia, proposta por Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014), encontra respaldo nessa etapa do experimento. Quando os estudantes começam a imaginar que a altura máxima é a metade da metade da distância total, estão, na verdade, produzindo um modelo mental que será posteriormente refinado. Veja:

Pesquisadora 2: Quando ele chegou a 18 metros de distância, a altura máxima era quanto?

Higor: 9.

Pesquisadora 2: Então qual a relação entre 36 e 18?

Isabele: Metade.

Pesquisadora 2: E entre 18 e 9?

Higor: Também é metade.

Pesquisadora 2: Então, se eu pegar o total e dividir por 2 e depois por 2 de novo...?

Isabele: Vai dar a altura!

Pesquisadora 2: Isso, a metade da metade!

Ademais, a atividade proposta estava inserida em um contexto STEM, com integração entre a matemática (modelagem), a ciência (movimento e gravidade) e a tecnologia (software). Essa integração é defendida por Sanders (2009) como um meio eficaz de tornar o aprendizado mais conectado com o mundo contemporâneo e de estimular a resolução de problemas reais.

A transição de um olhar exploratório para um olhar propositivo foi cuidadosamente estimulada por meio de questionamentos que tensionam os estudantes a deixarem de ser apenas observadores dos dados para se tornarem formuladores de explicações, colocando, desse modo, a ideia de Hafiz e Ayop (2019) de aplicar o conteúdo STEM para justificar a solução do “*design*”.

5.2.4 Criando e Testando Protótipos

As etapas de “Criar Protótipo” e “Testar Protótipo” no processo de engenharia de design são momentos-chave que demandam dos estudantes a formalização de hipóteses e a verificação de sua validade. Na prática de sala de aula, essa formalização pode ocorrer por meio de uma regra empírica, uma representação visual, ou ainda, por testagens reiteradas com dados manipuláveis – como o uso de tecnologias digitais dinâmicas. No experimento analisado, essas etapas tomaram forma no uso investigativo do GeoGebra, que se constituiu como um ambiente propício para simulação, modelagem e validação de ideias.

A partir da exploração gráfica das trajetórias de foguetes simuladas, os estudantes começaram a prototipar mentalmente uma regra matemática: a altura máxima do foguete é metade da metade da distância total percorrida. Essa conclusão, ainda que informal, resultou

de sucessivas observações feitas na simulação, onde os dados visuais fornecidos pelo GeoGebra funcionaram como fonte de dados confiável para construção de conhecimento.

Este momento aparece de forma clara em uma sequência de interações entre a pesquisadora e as alunas:

Pesquisadora 2: Vamos fazer com outro? Tentem simular com 24.

Pesquisadora 2: Qual o ponto mais alto?

Michelle: 6.

Mayara: 6.

Michelle: É, parece que é o 6 mesmo.

Pesquisadora 2: Então 6 é a altura máxima?

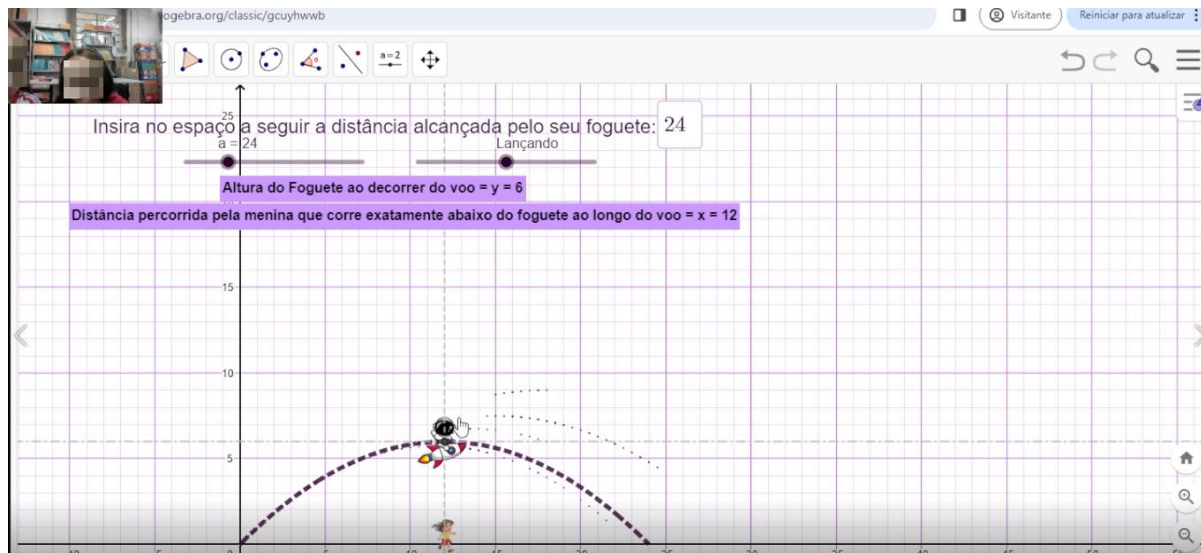
Michelle: Ohh, é tipo a metade do que a menina corre.

Pesquisadora 2: Então o que vocês notam em relação ao total?

Michelle: O foguete foi 6 metros de altura, a menina foi 12 metros e a distância do foguete foi 24, que é 12 mais 12.

Nesse exemplo, a aluna realiza a criação de um modelo numérico intuitivo, por meio da observação repetida: ela identifica que a altura máxima ($y = 6$ m) é a metade do que a menina percorreu ($x = 12$ m), e que esta, por sua vez, é a metade do total (24 m). A regra de metade da metade se cristaliza como um protótipo informal, passível de ser testado em novos casos.

Figura 18: Dupla 4 Testando na Simulação quando o foguete alcança a distância de 24 metros



Fonte: Acervo Pessoal

Esse processo é ampliado quando a pesquisadora propõe novos valores:

Pesquisadora 2: Se eu falasse agora e vocês não tivessem o computador, que o foguete alcançou 20 metros, vocês saberiam a altura máxima?

Michelle: 20? Metade de 20, 10. Então 5.

Pesquisadora 2: Vamos fazer com 20 e ver se está certo?

Pesquisadora 2: Acertou?

Michelle: Sim.

[...]

Pesquisadora 2: Vamos fazer com outro exemplo. Vamos fazer com 8.

Michelle: 8, 4, 2. Então a altura do foguete seria 2, a distância percorrida pela menina seria 4 e a distância alcançada pelo foguete seria 8.

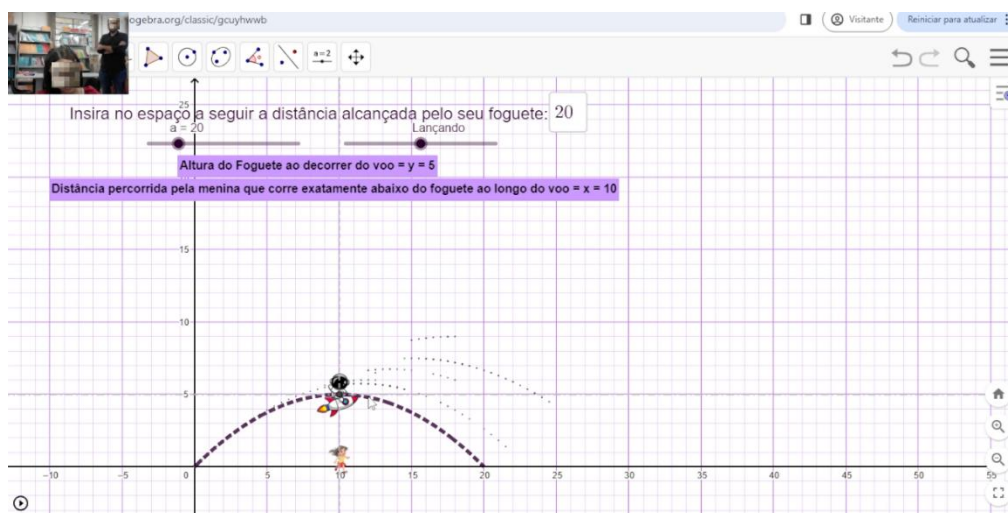
Pesquisadora 2: Coloque aí e vamos ver se acertou.

Michelle: 2.

Pesquisadora 2: Acertou?

Michelle: Aham.

Figura 19: Dupla 4 testando na simulação quando o foguete alcança a distância de 20 metros.



Fonte: Acervo Pessoal

O Processo que utiliza a observação direta e produção de dados do protótipo matemático, ligado na regra de "dividir o alcance por dois duas vezes" (ou, equivalentemente, dividir por quatro), foi sistematicamente conduzida pelos estudantes através da aplicação a uma gama diversificada de valores de alcance. Os alcances nominais de 8, 10, 12, 20, 24 e 36 metros foram empregados como entradas no simulador GeoGebra, e, em cada uma dessas instâncias, a altura máxima prevista pela regra foi consistentemente corroborada pelos resultados da simulação. Nesse contexto, o GeoGebra transcendeu sua função de mero software matemático, operando como um laboratório virtual para testagem experimental, oferecendo feedback visual instantâneo que reforçava a plausibilidade da regra construída e sustentava um ciclo de aprendizagem por descoberta guiada.

A cristalização desse processo de formalização e a articulação clara da regra matemática construída são particularmente evidentes na explicação da Aluna Mayara, ao ser solicitada pela Pesquisadora 2 a elucidar seu raciocínio para uma colega, tendo como exemplo um alcance de 10 metros:

Pesquisadora 2: Como você fez? Explica para ela.

Mayara: 10, né? Metade de 10 é 5 e o meio de 5 é 2,5. [...] Então 2,5 é a altura.

Esta verbalização não apenas demonstra a internalização da lógica de "metade da metade", mas também ilustra como a linguagem natural dos estudantes serviu como veículo para a expressão do conhecimento matemático emergente. Esse momento de clareza e síntese reflete a convergência do diálogo entre a observação da representação gráfica, a manipulação interativa da simulação e a construção discursiva entre os pares e com os pesquisadores. Tal dinâmica interativa, onde o pensamento matemático é co-construído na interação entre sujeitos humanos e artefatos tecnológicos (neste caso, o simulador GeoGebra), ressoa com a noção de "coletivos de humanos-com-mídias" proposta por Borba e Villarreal (2005), em que a tecnologia não é apenas uma ferramenta auxiliar, mas um componente integral da reorganização do próprio pensamento.

Mais adiante, as alunas continuam testando:

Pesquisadora 2: Então, se fosse 12, qual seria a altura?

Michelle: Como você tinha feito mesmo?

Mayara: Quanto é o meio de 12?

Michelle: 6.

Mayara: Quanto é o meio de 6?

Michelle: 3.

Pesquisadora 2: Está certo, né?

Michelle: Uhum.

Esse ciclo de previsão, teste, confirmação e explicação configura uma prática rica de ensino investigativo, apoiada nas potencialidades do GeoGebra. Como pontua Idem (2022), o uso da computação no ensino da Matemática permite que sujeitos, mesmo sem conhecimento técnico aprofundado, desenvolvam operações corretas e raciocínios matemáticos relevantes.

Dessa forma, o GeoGebra não apenas viabiliza a prototipagem de modelos matemáticos, mas transforma a testagem em um momento dialógico e cognitivo poderoso, ancorado em feedback visual, exploração ativa e trocas entre os pares. Essa prática representa um exemplo concreto de como a tecnologia pode reconfigurar o espaço da aprendizagem matemática, promovendo protagonismo estudantil e raciocínio matemático autêntico.

5.3 ALUNOS COM O GEOGEBRA

A inserção de tecnologias digitais no ensino da matemática tem sido objeto de intensos debates e pesquisas, com autores como Borba (1999) defendendo seu potencial para transformar não apenas as práticas pedagógicas, mas a própria natureza do pensamento matemático. Conforme aponta Idem (2022), a computação, historicamente entrelaçada com a

matemática, evoluiu de uma ferramenta para facilitar cálculos para um meio que pode reconfigurar a cognição. Nesta seção, analisamos como a interação dos estudantes do quarto ano com o software GeoGebra, durante a atividade de modelagem da trajetória do foguete, reflete essa potencialidade, observando como esse recurso dinâmico mediou a investigação, a formulação de conjecturas e a construção de conhecimento matemático.

Como análise da interação dos alunos com o GeoGebra, serão discutidos dois episódios com base em dados produzidos nas sessões de experimentos de ensino com os estudantes Luíz e Maria. No primeiro episódio, foi investigado a dupla de estudantes considerando a mediação da pesquisadora, a qual explorou a noção de parábola para descrever o movimento do foguete durante a MOBFOG e na simulação com o GeoGebra. Vejamos o seguinte trecho transcrito:

Pesquisadora 2: Tipo, sem mexer com as mãos, como você descreveria com palavras essa trajetória que ele fez no ar?

Luíz: Olha. Como eu descreveria... no começo ele voou, mas quando ele chegou na metade ele virou assim para cima e depois ele começou a cair. É assim, né?

Maria: O meu já foi assim, olha. O meu então, ele já foi tipo um círculo, né? Quando você faz um círculo, metade de um círculo, ele já foi assim, já foi caindo mesmo. Só, tipo, ele pegou bastante pressão, porque assim não tinha caído pouco, porque, ele foi direto, tipo, fazendo um círculo mesmo. Ele foi direto assim, hum, tipo...

Pesquisadora 2: Por que vocês acham que tem uma hora que ele começa a cair e ele para de subir?

Luíz: Ok. Olha, na minha opinião, eu acho que quando ele voa, ele já tá tranquilo, ele já... Vamos pegar um exemplo de... Uma coisa que voa depois de... Um aviãozinho de papel. Melhor. Quando você taca ele, ele voa, ele vai voando, e depois ele vai perdendo velocidade ao longo do caminho. Por causa que ele vai no ar e o ar faz alguma coisa que esqueci qual que é o nome, né. Aí ele para ele faz alguma coisa lá, aí depois ele começa a diminuir a velocidade, que ele começa a planar e depois ele cai, entendeu?

Maria: Eu acho que é por causa da pressão, porque a pressão do ar ela faz que vai longe, só que quando essa pressão vai acabando, ele vai caindo por causa da pressão. A pressão já passou lá atrás, então isso vai caindo e é assim.

Os alunos Luíz e Maria, ao explorarem o conceito de uma parábola durante uma discussão sobre trajetórias de objetos lançados no ar, refletem abordagens interessantes que se alinham aos princípios de STEM (Sanders, 2009). Luíz descreveu a trajetória como um objeto que inicialmente “voou”, atingiu um ponto máximo, e então começou a cair. Esta descrição é bastante alinhada com a forma clássica de uma parábola em matemática, na qual o movimento inicial ascendente é seguido por um ápice e subsequente declínio, indicativo das mudanças de velocidade e direção sob a influência da gravidade. Maria, por outro lado, descreveu uma trajetória que lembra “metade de um círculo”, sugerindo uma compreensão inicialmente menos precisa da forma parabólica, mas igualmente válida para iniciar discussões sobre a dinâmica de forças em jogo, como a pressão do ar. Esta observação pode ser vista como uma ponte para introduzir conceitos de física mais complexos, como a dinâmica de fluidos e resistência do ar,

áreas ricas para exploração no contexto de STEM/STEAM. Em suas explanações, os alunos demonstram certo envolvimento na modelagem e compreensão de conceitos científicos. Inferimos que o ensino integrado de STEAM pode facilitar uma compreensão através da participação ativa e reflexão sobre fenômenos físicos reais (Clapp & Jimenez, 2016).

No segundo episódio, foi sondado como a mesma dupla de alunos explorou com o GeoGebra o evento no qual culminou na conjectura de que a altura máxima alcançada pelo foguete foi de $\frac{1}{4}$ da distância alcançada pelo foguete. Vejamos o seguinte trecho transcrito:

Pesquisadora 2: E aí, agora vamos analisar o da Maria.

Luíz: Olha, vai aqui no lançar e você coloca mais no meio. Tenta colocar ele no... Isso. Foi 7.5.

Maria: Olha, eu chutei mais ou menos então, ó.

Luíz: Ah, foi 7.5.

Pesquisadora 2: E a menina correu quanto?

Maria: 15.

Pesquisadora 2: 15? E aí, querem... Se eu perguntar agora, vocês notaram alguma coisa em comum entre a altura máxima e a distância?

Luíz: Ah, eu notei uma coisa. Aqui, vamos pegar o da Maria. Aqui deu 7.5 no foguete dela, certo? E o da menina deu o dobro.

Pesquisadora 2: Deu o dobro. E a distância que é total do foguete?

Luíz: Foi 30, que é o dobro de 15.

Pesquisadora 2: Então o que você está me dizendo? O que você entendeu? Você entendeu o que ele falou?

Maria: Não. É que eu não entendo nada que ele fala.

Pesquisadora 2: Então tenta explicar melhor pra ela.

Luíz: Deixe-me explicar. A altura do foguete é metade do que ela correu aqui, entendeu? Então se a gente colocasse 15 aqui, ela teria corrido 30.

Maria: Porque é o dobro.

Luíz: Porque... né? Aí sempre vai dar o dobro aqui da distância que ele chegou, entendeu?

Maria: Ah... porque o meu deu 30 e o seu deu 40. O resultado do meu vai ser sempre vezes 3, o dobro né? Eu não entendi.

Luíz: O dobro é vezes 2. Deixe-me explicar de novo.

Maria: Ah, é o triplo.

Pesquisadora 2: Explica de novo, então, pra ela.

Luíz: Ok. A altura que tá o foguete ali, é o dobro do que a menina correu. Então se a gente colocasse 15 ali, que ele voou 15 ela teria corrido 30, entendeu? Que seria o dobro do que ela teria corrido agora. Aí o foguete teria caído em 60 que é o dobro de 30.

No diálogo entre Luíz, Maria e a Pesquisadora, observa-se uma tentativa de correlacionar a altura máxima alcançada pelo foguete com a distância percorrida. Luíz buscou estabelecer uma relação proporcional entre essas duas medidas, evidenciando uma abordagem inicial à ideia de funções matemáticas e a sua aplicação prática em um contexto físico, aqui representado pelo movimento do foguete. Ao final do trecho transcrito, Luíz relacionou os valores 15, 30 e 60. Nesse momento, com base no uso do aplicativo com GeoGebra, Luíz

buscou explicar a Maria que o foguete atingiu 15 metros de altura (altura máxima) no momento em que o avatar percorreu 30 metros, sendo que a distância máxima atingida pelo projétil foi de 60 metros. Então, a altura máxima neste caso é metade da metade da distância. Isso é relevante em cenários STEM/STEAM, pois a habilidade de aplicar conceitos matemáticos para modelar, elaborar conjecturas e resolver problemas oferece meios para a produção de sentidos matemáticos (Namukasa, Hughes & Scucuglia, 2022).

Maria, por outro lado, expressou dificuldade em seguir o raciocínio de Luíz, o que destaca um aspecto importante da aprendizagem em STEM e PDE: a necessidade de comunicação clara e eficaz (OME, 2022). Este diálogo explicita também o fato de que os estudantes estiveram engajados em um ciclo de hipóteses, testes e reformulações de ideias com base em evidências experienciada e interações entre pares. A troca de ideias e a tentativa de esclarecimento entre os alunos também são indicativos do desenvolvimento de habilidades sociais e de colaboração, cruciais para ambientes de aprendizagem voltados a metodologia STEM. A exploração contínua de Luíz para explicar o conceito mostra uma abordagem iterativa ao problema, um princípio fundamental nos campos explorados.

O uso do GeoGebra nos diálogos entre os estudantes Luíz e Maria e a pesquisadora pode desempenhar um papel crucial no desenvolvimento do pensamento crítico e na integração das disciplinas STEM. O GeoGebra é um recurso tecnológico que permite aos alunos visualizar e manipular objetos matemáticos e físicos, facilitando possíveis compreensões dos conceitos abordados (Borba, Scucuglia & Gadanidis, 2014). A discussão sobre a trajetória parabólica e as relações de proporção entre altura e distância total percorrida é um excelente exemplo de como a matemática e a física podem ser integradas usando o GeoGebra. O recurso permite que os estudantes criem simulações visuais de experimentos físicos, como o lançamento de um foguete, no qual podem ajustar variáveis e observar os resultados em tempo real (Araújo et al., 2021). Isso não apenas reforça o entendimento matemático através de representações gráficas, mas também ilustra conceitos físicos, como gravidade e resistência do ar, em um contexto prático e interativo (Araújo et al., 2021).

Ao manipular equações e visualizar suas representações gráficas, estudantes como Luíz e Maria puderam explorar, em tempo real, os efeitos da variação de diferentes parâmetros, o que favoreceu possíveis compreensões de conceitos matemáticos e físicos envolvidos na atividade. Essa experiência é imprescindível para o desenvolvimento de habilidades analíticas, nas quais os alunos aprendem a refletir criticamente sobre as relações entre grandezas e conceitos distintos (Sanders, 2009).

No diálogo entre a dupla, essa construção do pensamento torna-se visível quando Luíz tenta expressar suas ideias para Maria, utilizando o ambiente compartilhado do GeoGebra como apoio visual e ponto de referência para a argumentação. O uso das tecnologias digitais, nesse contexto, contribui para a criação de espaços de aprendizagem em que o diálogo, a colaboração e o compartilhamento de ideias são valorizados e potencializados. Como destacam Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014), esses ambientes colaborativos incentivam a participação ativa dos alunos e promovem a construção coletiva do conhecimento.

Portanto, neste estudo, o GeoGebra não apenas ofereceu meios a integração de diferentes disciplinas dentro do quadro STEM, mas também atuou potencialmente no fomento das dimensões cognitiva e tratou de forma eficaz o conceito em prática do “coletivo pensante” trazido por Borba (1999). O GeoGebra atuou como um mediador entre teoria e prática, permitindo aos alunos não apenas explorar conceitos ou conteúdos, mas experimentá-los de forma interativa e colaborativa.

5.4 ALUNOS COM CHATGPT

O panorama da educação está passando por grandes mudanças, influenciada pelo crescimento da Inteligência Artificial (IA). A ideia proposta por Teixeira (2019) de "cérebros eletrônicos" com capacidade de raciocínio intriga e fascina, indicando não só um progresso tecnológico, mas também um questionamento sobre o que é a mente humana e o quão única ela é. No estudo realizado com alunos do 4º ano do Ensino Fundamental, esse questionamento se materializa em um contexto de aprendizado dinâmico, onde o ChatGPT é introduzido como um colaborador na criação e expressão de pensamentos.

O estudo em questão tem como ponto de partida uma ideia central: enxergar a Inteligência Artificial como um caminho que surgiu e que pode impulsionar novas formas de aprendizado. No decorrer da ação, os estudantes foram chamados a explorar o tema do lançamento de foguetes utilizando simulações virtuais e, para concluir, usaram o ChatGPT para compor poemas a partir de termos que representavam o que eles sentiram. Desse modo, o ChatGPT foi usado de uma maneira que ia além do simples uso técnico, sendo um meio poético, inventivo e que gerava emoções – originando textos que refletiam as emoções e percepções das crianças naquele momento.

O uso do ChatGPT durante o experimento gerou surpresa, encantamento e uma curiosidade genuína por parte das crianças. Um dos momentos marcantes desta parte do experimento de ensino foi a reação da Aluna Isabele ao ver o poema produzido com base nas

palavras que havia escolhido. Ao observar o texto sendo gerado em tempo real, ela perguntou:

Isabele: Mas é rápido... é uma pessoa escrevendo?

Essa questão lança luz sobre a linha, muitas vezes, imperceptível entre pessoas e máquinas — algo que nos faz lembrar do famoso teste de Alan Turing, no qual a inteligência de uma máquina se revela na medida em que suas respostas se tornam indistinguíveis das humanas. No entanto, além de ser uma questão técnica, essa reação revela uma nova forma de sentir: os estudantes podem acabar por não enxergarem a inteligência artificial como algo sem vida ou puramente mecânico, mas como uma presença quase humana com quem podem conversar, produzir coisas e até mesmo criar laços.

O ChatGPT, nesse contexto, não foi apenas uma ferramenta funcional; foi um agente poético, colaborativo e afetivo. Isso nos leva a refletir sobre a necessidade do letramento algorítmico — uma competência que se torna cada vez mais necessária no cotidiano educacional contemporâneo, uma vez que, ao contrário da alfabetização convencional, focada em ler e escrever na nossa língua, o letramento algorítmico se refere à aptidão de entender, usar e dar significado a sistemas que usam algoritmos, como as inteligências artificiais generativas, os tradutores automáticos, os buscadores e os assistentes virtuais. Isso inclui tanto a habilidade de criar comandos e entender resultados quanto a de formar uma visão crítica sobre as limitações, os objetivos e os impactos das tecnologias que são tão difundidas e utilizadas no dia a dia.

Observando os estudantes interagindo com a Inteligência Artificial, se vê que os limites da mesma foram discutidos de forma indireta. Ainda que os poemas tenham encantado, nenhum dos alunos desejou modificá-los, o que pode refletir tanto um respeito pela “autoridade” da máquina quanto uma dificuldade de realizar uma análise crítica sobre os textos gerados. Esse aspecto dialoga com a crítica feita por Trindade e Oliveira (2024) ao conteúdo superficial e genérico gerado por IA. No entanto, quando utilizado com mediação pedagógica, como foi o caso do experimento, esse conteúdo pode funcionar como ponto de partida para discussões mais aprofundadas, e não como produto final acabado.

É relevante destacar o envolvimento emocional dos alunos ao longo da atividade. Termos como “experiência legal”, “divertido”, “gostaria de fazer de novo” surgiram várias vezes nas transcrições referentes aos registros do experimento de ensino, revelando o entusiasmo e o engajamento das crianças com a proposta. A emoção, frequentemente deixada de lado quando se fala de tecnologia, revelou-se crucial na vivência de aprendizado. Ao transformar as falas dos alunos em poemas, o ChatGPT reconhece a importância do que eles

dizem e os incentiva a se verem como criadores de significado. Desse modo, a IA serve também para dar valor aos sentimentos dos estudantes.

5.4.1 Poetizando com IA: Textos Gerados pelo ChatGPT com a Dupla 1

Quadro 10: Poemas da Dupla 1 gerados com o suporte do ChatGPT

DUPLA 1	
Higor	Isabele
<i>No pico da altura, onde o céu toca a mão, Exploramos o cosmos, em busca da expansão. A NASA, guia intrépida, nos leva a sonhar, No espaço sideral, destinos a desvendar. Planetas dançam em órbita, astros a cintilar, A imaginação se eleva, pronta a decolar. Na nave do conhecimento, rumo ao além, Descobrimos segredos, como nunca ninguém.</i> <i>A NASA, pioneira, desbravando o céu sem fim, Nas asas da ciência, o universo é o jardim. Galáxias se entrelaçam, constelações a brilhar, No espaço sideral, a descoberta a nos encantar.</i> <i>Alturas inexploradas, mistérios a revelar, O cosmo, vasto oceano, a nos hipnotizar. Na tela do espaço, a NASA escreve a história, E o coração humano, na busca, ganha glória.</i> <i>No silêncio cósmico, estrelas são faróis, Guia da humanidade, entre astros e sóis. Planetas testemunham nossa jornada real, Na altura do espaço, a NASA nos leva a voar.</i>	<i>Na sala de ciências, a mente curiosa, Onde o saber se tece, a visão laboriosa. Alunos ansiosos, olhares a brilhar, O espaço sideral, a nos deslumbrar. O mestre sábio, guia desta jornada, Com conhecimento que nunca se acaba. Nas mãos jovens, a criação se revela, Um foguete nasce, sonho que se encela.</i> <i>Metal e sonhos, na bancada se entrelaçam, Curiosidade e saber, juntos avançam. Aula se transforma em obra a decolar, Rumo ao cosmo, a imaginação a vibrar.</i> <i>Contemplamos estrelas, pontos de luz no infinito, No foguete, sonhos em cada giro escrito. Lançamento esperado, corações em pulsação, Na sala de ciências, ecoa a celebração.</i> <i>No espaço sideral, o foguete dança, Um poema de ciência, uma eterna lança. Aula se torna epopeia, no céu a navegar, No coração dos estudantes, o saber a brilhar.</i>

Fonte: Elaborado pela autora

Para o Higor, o poema foi elaborado a partir dos termos: Altura, Espaço, Planetas e NASA. Essa seleção de palavras direcionou o ChatGPT a criar um texto que destaca bastante a exploração do cosmos e a reverência pelas realizações científicas, sobretudo as ligadas à NASA. O poema adota um estilo épico e contemplativo, erguendo uma história que celebra o progresso da humanidade impulsionado pela ciência e pela sede de conhecimento, como mostram os versos:

A NASA, guia intrépida, nos leva a sonhar
No silêncio cósmico, estrelas são faróis

A escolha das palavras demonstra um grau de sofisticação um pouco maior em comparação com o poema da Aluna Isabele, com a inclusão de termos como intrépida, vasto, testemunham e outras construções de apelo mais literário. Essa maneira de escrever demonstra a habilidade do ChatGPT de adaptar a linguagem ao contexto sugerido pelas palavras-chave dadas — neste caso, ligadas ao mundo da ciência e da tecnologia. Desse modo, o texto final não é apenas poético, mas também evoca uma atmosfera de admiração pelo desconhecido e celebra a jornada humana rumo ao cosmos.

Para representar sua participação na MOBFOG e no experimento de ensino, a Aluna Isabele escolheu as palavras: Criação de Foguete, Espaço Sideral, Aula de Ciências e Lançamento. A partir dessas expressões, o ChatGPT gerou um poema com foco na vivência escolar, na construção do foguete e na imaginação inspirada pelo universo científico.

O texto poético evidencia o encantamento da estudante com o ambiente escolar, especialmente com a aula de ciências. Há uma forte valorização do saber e da figura do professor — mencionado como “o mestre sábio” —, além de uma celebração do conhecimento como construção coletiva. A linguagem é lírica e otimista, repleta de imagens que associam ciência à criatividade, ao sonho e ao maravilhamento. Isso se expressa claramente em versos como:

Um poema de ciência, uma eterna lança.
Aula se torna epopeia, no céu a navegar.

O ChatGPT criou um texto claro, delicado e bem articulado, com ritmo agradável e palavras fáceis para as crianças entenderem. A presença de trechos como “*Metal e sonhos, na bancada se entrelaçam*” revela que a IA captou com precisão o espírito da atividade: uma prática científica que é, ao mesmo tempo, concreta e imaginativa, técnica e poética, manual e significativa.

5.4.2 Poetizando com IA: Textos Gerados pelo ChatGPT com a Dupla 3

Quadro 11: Poemas da Dupla 3 gerados com o suporte do ChatGPT

DUPLA 3	
Luíz	Maria

<i>Na penumbra do desconhecido, surge o medo, Um eco sutil, um sussurro no enredo. Mas na sombra, a luz da expectativa brilha, Antecipando o amanhã, a esperança se enreda.</i> <i>O coração pulsa, num compasso incerto, Entre o receio e a promessa, o destino aberto. Alegria aguarda, nos bastidores do instante, Como uma flor que desabrocha, radiante.</i> <i>O interesse tece pontes entre o agora e o porvir, Curiosidade a guiar, como estrela a reluzir. Nas entrelinhas do tempo, uma dança se inicia, Onde medo e expectativa se entrelaçam na delícia.</i> <i>Caminhamos na corda bamba da emoção, Entre o receio e o anseio, uma constante aflição. Mas no palco do viver, a alegria é a estrela, Iluminando o cenário, transcendendo a capela.</i> <i>Assim, nesse instante mágico da existência, Medo e expectativa dançam com alegria em cadência.</i> <i>O interesse, como maestro, conduz a melodia, Numa sinfonia efêmera, onde a vida se inicia.</i>	<i>Numa jornada chamada vida, legal começa o ato, Caminhando na trilha do destino, meio difícil, de fato. Entre desafios que tecem a trama do existir, Um enigma complexo, a se desvendar a sorrir.</i> <i>Numa dança de sentimentos, o interessante se revela, Como pássaro que voa, a liberdade que apela. Caminhando por veredas de sonhos e de dor, A estranheza se mistura, um tempero de sabor.</i> <i>Legal é a luz que ilumina o caminho, Mas meio difícil é o fardo do destino. Interessante é o encontro de almas perdidas, Numa dança cósmica, nas estrelas perdidas.</i> <i>Estranho é o toque do desconhecido, Que nos leva a lugares onde somos perdidos. Num ciclo eterno, entre o céu e o chão, A vida se tece, legal, difícil, interessante e estranha, em canção.</i>
--	---

Fonte: Elaborado pela Autora

Com base nas palavras "medo", "expectativa", "alegria" e "interesse", o poema do aluno Luíz é construído como uma narrativa emocional, marcada por contrastes e superações. Ele retrata um percurso entre o receio inicial e a alegria futura, evidenciando a oscilação emocional natural da infância diante de novas experiências.

O poema em análise apresenta uma construção sensível das emoções humanas, com especial atenção à ambientação inicial, marcada por tensão e introspecção. A imagem presente nos versos a seguir sugere um cenário de incerteza e vulnerabilidade, no qual o medo se manifesta de forma quase silenciosa, mas presente:

Na penumbra do desconhecido, surge o medo,
Um eco sutil, um sussurro no enredo

Em contraste, a esperança emerge como força contrária, luminosa e delicada, como se nota no verso:

Alegria aguarda, nos bastidores do instante,
Como uma flor que desabrocha, radiante

A inteligência artificial articula essas emoções de forma integrada, evidenciando que não se tratam de estados isolados, mas de afetos que coexistem e se influenciam mutuamente, como sintetiza a bela imagem:

Medo e expectativa dançam com alegria em cadência.

Por conseguinte, a composição revela um entendimento lírico e aprimorado das nuances emocionais atreladas a instantes de mudança ou revelação.

Já o poema da aluna Maria é marcado por uma tensão entre o cotidiano infantil e a reflexão existencial. A partir das palavras "legal", "difícil", "interessante" e "estranho", a IA constrói um texto que, embora elaborado poeticamente, expressa de forma bastante eficaz o misto de emoções vividas por uma criança em situações novas, desafiadoras ou inesperadas.

O poema revela uma elaboração simbólica e poética da infância ao transformar o cotidiano em uma verdadeira epopeia, como indica a metáfora central de que a existência é “*uma jornada chamada vida*”. A inteligência artificial, a partir de palavras simples fornecidas pelo aluno, como “legal” e “difícil”, constrói oposições semânticas significativas, como no verso:

Legal é a luz que ilumina o caminho,
Mas meio difícil é o fardo do destino

Tais versos acabam tensionando prazer e desafio de forma sensível. Expressões como “dança cósmica” e “toque do desconhecido” elevam o tom do poema e demonstram uma incursão na linguagem simbólica, tratando do enfrentamento de obstáculos, mesmo quando estes ainda são pouco compreendidos pelas crianças. Apesar do vocabulário conter termos abstratos e filosóficos, a estrutura mantém fluidez e coesão temática, articulando uma reflexão delicada sobre crescer, experimentar e lidar com o novo.

5.5 ANÁLISE GERAL DAS ATIVIDADES REALIZADAS

De um modo geral, o que a análise mostrou foi que uma abordagem investigativa, baseada nos princípios da Educação STEM e apoiada por recursos digitais, tem um grande potencial de ensinar. As atividades, que incluíram lançamentos de foguetes, uso do GeoGebra e até a criação de poemas com o ChatGPT, mostraram uma mistura interessante de ciência, matemática, tecnologia e criatividade. Durante a aplicação do experimento de ensino, deu pra perceber como os alunos usaram o que já sabiam, levantaram hipóteses, interpretaram fenômenos físicos e criaram modelos explicativos, tudo por meio de experiências práticas.

Ao incluir o Processo de Design de Engenharia na sequência de atividades, conseguimos criar um caminho lógico, que ia desde entender o problema até testar hipóteses com a ajuda de simulações. Mesmo com alunos do ensino fundamental, foi possível notar que eles se envolveram em tarefas investigativas mais complexas, como modelar trajetórias, entender proporções e interpretar gráficos. Isso aconteceu principalmente quando as orientações eram claras e os recursos digitais, como o GeoGebra, eram fáceis de usar. Como mostraram as conversas com os pesquisadores, os alunos passaram de um raciocínio mais simples para uma compreensão mais sistemática e completa dos fenômenos que estavam estudando.

Além disso, usar a Inteligência Artificial através do ChatGPT mostrou-se um elemento inovador ao promover não só o registro das percepções dos alunos, mas também a ampliação de seus sentimentos, através da linguagem poética. Os poemas criados a partir de palavras escolhidas pelas crianças revelaram uma elaboração simbólica e emocional das experiências vividas, transformando sentimentos como espanto, desafio e curiosidade em expressões literárias de grande impacto estético. A IA não apenas seguiu comandos, mas também criou um diálogo relevante com as ideias das crianças, ajudando-as a entender melhor o universo digital e aprimorar suas habilidades de lidar com algoritmos.

Por fim, esse capítulo trouxe contribuições importantes para entender como práticas pedagógicas que combinam tecnologia e metodologias ativas podem tornar o aprendizado mais significativo. Os dados mostraram que misturar experiências práticas, reflexão consciente e suporte digital ajudou os alunos não só a entender conceitos de ciência e matemática, mas também a desenvolver atitudes investigativas, críticas e criativas. Esses resultados reforçam a ideia de que a escola deve ser um espaço de experimentação e criação, onde o conhecimento surge de uma troca contínua entre pessoas, meios e contextos variados.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo teve como objetivo compreender como estudantes da Educação Básica, mais especificamente do 4º ano do Ensino Fundamental, interagem e se envolvem em atividades educativas pautadas na abordagem STEAM – Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática – por meio de tecnologias digitais livres e acessíveis. A partir de uma dúvida espontânea de um dos alunos participantes da Mostra Brasileira de Foguetes: “Mas qual a altura alcançada pelos foguetes?”, a presente indagação genuína revelou-se um eficiente disparador para a elaboração de um roteiro didático integrador, no qual campos da Matemática, Física e Arte dialogam com o apoio do GeoGebra e do ChatGPT.

A proposta foi desenhada no contexto de um experimento de ensino (Steffe; Thompson, 2000). Foram envolvidas quatro duplas de alunos, da seriação já citada, estruturadas de modo que cada uma participasse de sessões de cerca de duas horas. Teve-se o cuidado de planejar as atividades metodologicamente e com intencionalidade pedagógica capaz de proporcionar uma experiência de aprendizagem com sentido ao articular experiências concretas com prática investigativa mediada por tecnologias digitais. Durante as sessões, os estudantes exploraram o software GeoGebra, acionando variáveis para simular diferentes trajetórias parabólicas e interpretando lançamentos de foguetes realizados na MOBFOG. Posteriormente, as descobertas foram ressignificadas em linguagem poética, com o suporte do ChatGPT, e os resultados foram a elaboração de obras de arte que expressaram os conhecimentos construídos ao longo do percurso investigativo.

Esta pesquisa foi abordada sob a metodologia qualitativa, considerando o estudo de caso como referencial metodológico por se tratar de um fenômeno mais aprofundado e específico, situado em uma investigação com poucos participantes. O cuidado com o processo de produção dos dados foi realizado a partir de instrumentos de registro variados e de diferentes estratégias de captura dos momentos envolvidos, como gravações da aplicação dos roteiros de atividades elaborados durante a pesquisa, capturas de imagem de tela do uso do software GeoGebra, coleta de arquivos digitais elaborados pelos alunos e anotações sistemáticas de diário de campo durante a intervenção. Dessa forma, pôde ser construída uma visão ampla, embasada e contextualizada das interações propostas no trabalho.

Nosso modelo metodológico para a análise de dados foi proposto por Powell, Francisco e Maher (2004), que fornece orientações para examinar a construção do conhecimento em ambientes colaborativos de aprendizagem. Por meio desse modelo, foi possível rastrear com sensibilidade e profundidade os movimentos de formulação de questionamentos e hipóteses, a

argumentação, a tomada de decisões e a ressignificação de ideias que surgiram durante as interações dos alunos em todas as atividades desenvolvidas, permitindo assim uma leitura qualitativa densa dos processos cognitivos e expressivos construídos nas equipes durante o experimento de ensino.

Os resultados desta investigação permitem concluir que a abordagem STEAM, quando inserida em situações contextualizadas e relacionadas às experiências cotidianas dos alunos, pode desencadear processos de ensino e aprendizagem mais significativos, ativos e integrados. No caso, percebe-se que a tarefa proposta permitiu que os alunos se apropriassem de um problema autêntico diretamente relacionado a suas experiências – o lançamento de foguetes durante uma MOBFOG –, o que estimula a produção de hipóteses, a comparação de trajetórias e a leitura de dados gráficos por meio do ambiente digital GeoGebra.

Durante as sessões de ensino, os estudantes foram convidados a simular, no GeoGebra, lançamentos oblíquos criados a partir de suas experiências anteriores envolvendo o lançamento de seus foguetes durante suas atuações na Mostra de Foguetes. Para isso, utilizaram uma representação digital de um foguete lançado a partir de uma base inclinada a 45° , ângulo previamente adotado durante a participação na MOBFOG. Embora os fundamentos físicos que justificam essa angulação — relacionada ao maior alcance horizontal em lançamentos oblíquos — não tenham sido tematizados diretamente com os alunos, a simulação permitiu que observassem o comportamento da trajetória parabólica gerada ao decorrer do voo realizado pelo foguete lançado.

Assim, a partir das visualizações e manipulações feitas no software os estudantes – de maneira mais intuitiva – descreveram que a altura máxima do foguete condizia a um quarto da distância total percorrida. Mesmo que, a partir destas observações não haviam formalismos matemáticos, nota-se a articulação de uma compreensão significativa na relação entre a experiência provisória, a simulação digital e a análise gráfica. Estas evidências promovem a potencialidade da proposta em termos do fomento ao raciocínio matemático e científico no ciclo de alfabetização. Isso ocorre porque, mesmo sem a devida mediação o estudante é capaz de construir uma interpretação complexa sem a necessária mobilização de algoritmos matemáticos ou cálculo.

Nesta proposta, o GeoGebra desempenhou um papel de mediador de pensamento matemático, por meio da criação de um ambiente interativo em que os alunos puderam experimentar com diferentes representações visuais, manipular parâmetros e observar em tempo real as mudanças recíprocas das grandezas. A interação com os objetos matemáticos,

enquanto movimento físico – virtual, contribuiu para a apropriação investigativa do significado, permitindo que os alunos identifiquem características de objetos abstratos a partir da visualização e experimentação digital.

O GeoGebra não é um mero recurso computacional e digital para uso em sala de aula, mas, em certa medida, delinea uma nova fase de uso e incorporação das tecnologias digitais na educação matemática. É nessa perspectiva que reside a possibilidade de alteração na forma como os estudantes se relacionam com o conhecimento, bem como na aposta em um aprendizado mais ativo, autônomo e interconectado com as formas contemporâneas de produção e interação com o conhecimento matemático.

Em um segundo momento da proposta, a incorporação do ChatGPT possibilitou aos estudantes revisitar os conhecimentos construídos ao longo da atividade a partir de uma perspectiva estética, sensível e autoral. A produção de poemas, inspirados tanto nas investigações realizadas com o GeoGebra quanto nas memórias afetivas dos lançamentos vivenciados durante a MOBFOG, ampliou significativamente as formas de expressão dos alunos. Essa prática evidenciou a força da linguagem artística como instrumento legítimo de reelaboração simbólica, representação criativa e síntese significativa dos saberes construídos no processo investigativo.

Este componente da proposta reforçou de forma concreta e intencional o princípio interdisciplinar que dá suporte à abordagem STEAM, integrando de maneira significativa os domínios da ciência, matemática e arte. Ao propor um desafio nos níveis poético que seus aprendizados fossem traduzidos à esta linguagem — mesmo que com assistência de inteligência artificial — a atividade instaurou um espaço formativo singular onde lógica-matemática se conecta com a imaginação, a sensibilidade e a criação. É uma prática que facilita compreender vários modos de formular e expressar um projeto a partir do raciocínio reflexivo investigativo respeitando diferentes formas de relatar aquilo que foi experienciado e elaborado no processo.

Essa aproximação entre ciência e arte dialoga diretamente com os pressupostos de Silverstein e Layne (2010), que defendem a arte como dimensão constitutiva da formação humana e como elemento central no processo de construção do conhecimento. Para os autores, práticas criativas, como a produção artística, não apenas complementam o aprendizado, mas o aprofundam, ao permitir que os estudantes expressem suas compreensões por múltiplos meios, tornando o ato de aprender mais plural, acessível e humanizado.

A proposta também se aproxima dos princípios da Cultura Maker (Cohen et al., 2017), ao

estimular que os estudantes atuem como produtores ativos de conhecimento, “colocando a mão na massa”, seja na construção dos foguetes, na simulação digital com o GeoGebra ou na elaboração dos poemas com o ChatGPT. Essa perspectiva de aprendizagem centrada no fazer, no experimentar e no criar, como apontam Almeida (1996) e Almeida e Valente (2014), promove o desenvolvimento da autonomia, da curiosidade e da capacidade de analisar, avaliar e interpretar informações de forma objetiva e lógica, a fim de formar um julgamento bem fundamentado e estruturado.

Mesmo com o número reduzido de participantes e a limitação temporal das sessões, a investigação revelou indícios importantes sobre o potencial das tecnologias digitais e da abordagem STEAM para promover aprendizagens significativas desde os anos iniciais. Os estudantes demonstraram entusiasmo, iniciativa e capacidade de argumentar, interpretar e comunicar suas ideias em diferentes linguagens — matemática, visual, oral e poética. A mediação dos professores-pesquisadores mostrou-se crucial para sustentar o processo, acolhendo dúvidas, incentivando teorias e valorizando o percurso reflexivo dos alunos.

Não obstante, é necessário reconhecer os desafios enfrentados. O acesso limitado às tecnologias digitais em muitas escolas públicas brasileiras ainda constitui um obstáculo relevante, como alertam Borba, Scucuglia e Gadanidis (2014). Embora o GeoGebra e o ChatGPT sejam gratuitos, sua aplicação exige infraestrutura mínima, formação docente continuada e tempo pedagógico dedicado à exploração criativa. Superar essas barreiras é essencial para que a inovação proposta por abordagens como o STEAM possa se tornar prática cotidiana e não apenas uma experiência pontual.

A partir das experiências vividas neste estudo, defende-se que propostas interdisciplinares, investigativas e tecnologicamente mediadas são não apenas possíveis, mas desejáveis nos anos iniciais da escolarização. A Matemática, quando ensinada de forma contextualizada, dialógica e criativa, deixa de ser percebida como um conjunto de procedimentos rígidos e passa a ser vivida como linguagem para compreender e transformar o mundo. E, como revelado nesta pesquisa, quando a curiosidade das crianças é acolhida e transformada em projeto, a aprendizagem se torna mais profunda, sensível e significativa.

Considerando a relevância do tema, recomenda-se que pesquisas subsequentes aprofundem e ampliem o escopo de análise das produções dos estudantes, especialmente aquelas geradas em ambientes educacionais que integram a metodologia STEAM, a fim de explorar de maneira mais abrangente seus múltiplos desdobramentos. Especificamente, pode haver um aprofundamento na identificação da emergência de raciocínios matemáticos,

científicos e expressivos, utilizando várias linguagens acionadas pelos estudantes. A extensão disso poderá revelar evidências não apenas de aprendizado conceitual, mas também sobre o envolvimento dos estudantes, suas habilidades criativas e a produção de sentidos autênticos. Ademais, também se poderá de abrir estudos que se aprofundem em investigar o papel da inteligência artificial, tal qual o ChatGPT, na mediação de práticas de leitura e escrita no ensino fundamental.

Tal investigação poderá contribuir para entender como esses recursos podem fomentar o desenvolvimento da autoria estudantil como apoio para a formulação de ideias, organização de argumentos e formulação de opinião a partir de uma perspectiva crítica e reflexiva. Ou seja, de se refletir, inclusive, sobre o potencial dessas tecnologias como apoios e como parceiras para a elaboração de textos, narrativas, interpretações e criações dotadas de significação aos alunos. Adicionalmente, é preciso salientar a necessidade de que novas pesquisas avaliem também os impactos da abordagem STEAM sobre a prática docente. Assim, este estudo recomenda o aprofundamento em torno de sua adoção ao planejamento pedagógico, formação inicial e continuada de professores e reorganização curricular, especialmente no caso das escolas públicas. Compreender como as propostas educacionais são recebidas e reinterpretadas por profissionais da educação é fundamental para o desenvolvimento de práticas integradas mais inovadoras voltadas para a promoção do pensamento crítico e criativo nos estudantes.

Em suma, os resultados e reflexões desta pesquisa apontam para a importância de se introduzir práticas voltadas ao uso da tecnologia e seu uso consciente nas escolas diante das exigências de um mundo em constante transformação, onde cada vez é mais corriqueiro que novas tecnologias sejam introduzidas no dia a dia da sociedade. A proposta aqui desenvolvida demonstrou que, ao partir das perguntas reais das crianças, integrando diferentes saberes e abrindo espaço para múltiplas formas de expressão, é possível construir uma educação mais viva, sensível e inovadora. Uma educação que forma sujeitos capazes de pensar, criar e agir com criticidade, imaginação e afetividade — dimensões essenciais para o exercício da cidadania no século vigente.

A Matemática, que historicamente acompanhou o desenvolvimento das civilizações — desde as práticas cotidianas na Antiguidade até os avanços tecnológicos da era digital —, assume hoje um papel central na organização da sociedade. Presente em algoritmos, modelos de previsão, diagnósticos, redes e sistemas automatizados, ela influencia decisões econômicas, científicas e sociais de larga escala. No entanto, esse protagonismo exige também que ela seja compreendida em sua complexidade, história e humanidade.

Compreender o caminho percorrido pela Matemática ao longo do tempo permite desmistificar a ideia de que ela é um conhecimento reservado apenas a especialistas ou a estudantes “geniais”. Ao contrário, reconhecer sua trajetória como construção humana — feita de práticas, erros, experimentos e reformulações — ajuda a aproximá-la do cotidiano dos estudantes, mostrando que também eles fazem parte desse processo contínuo de reinvenção.

Assim, ensinar Matemática hoje implica muito mais do que transmitir fórmulas e procedimentos. Implica criar contextos em que os estudantes possam investigar, criar, errar, argumentar e expressar-se por diferentes linguagens. A valorização de propostas como a abordagem STEAM e o uso crítico de tecnologias digitais são respostas coerentes às demandas contemporâneas da Educação Matemática — uma educação que acolhe o pensamento divergente, a expressão artística, a curiosidade científica e o diálogo entre saberes.

Ao revisitar a história da Matemática e trazê-la para o centro das práticas pedagógicas, o professor tem a oportunidade de ressignificar o ensino, rompendo com modelos reducionistas e tecnicistas e, em seu lugar, instaurando uma perspectiva mais ampla, humana e formativa. Afinal, mostrar aos estudantes que a Matemática está viva — e que eles também são protagonistas dessa história — é, talvez, o maior legado que a escola pode oferecer.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. E. B. Memorial reflexivo: retratos e tempos vividos entre lugares na academia e na escola. *Revista e-Curriculum*, São Paulo, v. 14, n. 3, p. 1054-1106, 2016.
- ALMEIDA, M. E. B. T. M. P.; VALENTE, J. A. Currículo e contextos de aprendizagem: integração entre o formal e o não formal por meio de tecnologias digitais. *Revista e-Curriculum*, v. 12, n. 2, p. 1162-1188, 2014.
- ALMEIDA, L. G. M.; COSTA, R. M. R. O papel da inteligência artificial na educação: desenvolvimento de um chatbot para programadores iniciantes. *Caderno de Estudos em Engenharia de Software*, v. 6, n. 1, p. 01-22, 2024.
- ARAÚJO, J. L.; BORBA, M. C. Construindo pesquisas coletivamente em educação matemática. In: BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (org.). *Pesquisa qualitativa em educação matemática*. Belo Horizonte: Autêntica, 2004. p. 25-46.
- ARCAVI, A.; HADAS, N. Computer mediated learning: an example of an approach. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, Berlin, v. 5, n. 1, p. 25-45, 2000.
- BARASUOL, Fabiana Fagundes. A matemática da pré-história ao antigo Egito. *UNI revista*, v. 1, n. 2, p. 1-6, 2006.
- BARBOSA, E. F. **Instrumento de coleta de dados em pesquisas educacionais**. Disponível em: http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Ensino_2013_2/Instrumento_Coleta_Dados_Pesquisas_Educacionais.pdf. Acesso em: 28 out. 2024.
- BASSO, M.; RODRIGUES NOTARE, M. **Pensar-com Tecnologias Digitais de Matemática Dinâmica**. RENOTE, Porto Alegre, v. 13, n. 2, 2015. DOI: 10.22456/1679-1916.61432. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/61432>. Acesso em: 18 dez. 2024
- BICUDO, M. A. V. Pesquisa em Educação Matemática. *Pro-Posições*, Campinas, v. 4, n. 1, p. 22, 1993.
- BLACKLEY, S.; HOWELL, J. A Stem Narrative: 15 Years in the Making. In: *Australian Journal of Teacher Education*, v. 40, n. 7, 2015. <https://doi.org/10.14221/ajte.2015v40n7.8>
- BOOTH, W. C.; COLOMB, G. G.; WILLIAMS, J. M. **A arte da pesquisa**. São Paulo: Martins Fontes, 2008.
- BORBA, M. C. Tecnologias informáticas na educação matemática e reorganização do pensamento. In: BICUDO, M. A. V. (org.). *Pesquisa em educação matemática: concepções e perspectivas*. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 285-295.
- BORBA, M. C.; JUNIOR, V. R. B. **O ChatGPT e educação matemática**. Educação Matemática Pesquisa, São Paulo, v. 25, n. 3, p. 142-156, 2023.

BORBA, M. C.; SCUCUGLIA, R. R. S.; GADANIDIS, G. **Fases das tecnologias digitais em educação matemática: sala de aula e internet em movimento**. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

BOYER, C. B. **História da matemática**. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

BOYER, C. B.; MERZBACH, U. C. **História da matemática**. Tradução: Helena Castro. São Paulo: Blucher, 2012.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2017. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>. Acesso em: 28 out. 2024.

BREINER, J. M. et al. **What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships**. *School Science and Mathematics*, v. 112, n. 1, p. 3–11, jan. 2012.

BROLEZZI, A. C. **Raízes do cálculo na Grécia Antiga**. *Revista Pesquisa e Pós-Graduação*, Ouro Preto, v. 1, n. 1, p. 38-41, jan./jun. 1999.

BULLOCK, S.; SATOR, A. **Developing a pedagogy of 'making' through collaborative self-study**. *Studying Teacher Education*, v. 14, n. 1, p. 56–70, 2018.

CALDERANO, M. A. O estágio curricular e os cursos de formação de professores: desafios de uma proposta orgânica. In: CALDERANO, M. A. (org.). **Estágio curricular: concepções, reflexões teórico-práticas e proposições**. Juiz de Fora: Editora UFJF, 2012. p. 237-260.

CAPES. **Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior**. *Edital 6: chamada pública para apresentação de propostas no âmbito do Programa de Residência Pedagógica*. Brasília: Ministério da Educação, 2018.

CLAPP, E. P.; JIMENEZ, R. L. **Implementing STEAM in maker-centered learning**. *Psychology of Aesthetics, Creativity and the Arts*, v. 10, n. 4, p. 481-491, 2016.

CLEMENT, J. Analysis of clinical interviews: foundations and model viability. In: KELLY, A. E.; LESH, R. (ed.). **Handbook of research data design in mathematics and science education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2000.

COHEN, J.; JONES, W. M.; SMITH, S.; CALANDRA, B. **Makification: towards a framework for leveraging the maker movement in formal education**. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, v. 26, n. 3, p. 217-229, 2017.

DAMINELI, A.; STEINER, J. **Fascínio do universo**. São Paulo: Odysseus, 2010.

DANIELSEN, O.; NIELSEN, J. L. Problem-oriented project studies: the role of the teacher as supervising / facilitating the study group in its learning processes. In: DIRCKINCK-HOLMFELD, V. et al. (ed.). **Proceedings of the 7th International Conference on Networked Learning**, 2010.

DANTAS, Roberta Maria; LEAL, Carla Cristina Rodrigues. História da matemática na antiguidade. In: Jornada Acadêmica da Jornada da UEG, 10., Anais...Santa Helena de Goiás, GO. Universidade Estadual de Goiás, v. 10, n. 1, p. 1-10, 2016. Disponível em: <https://anais.ueg.br/index.php/jauieg/article/view/7196>. Acesso em: 17 fev. 2024.

DARELA, E.; CARDOSO, M. C.; ROSA, R. C. **História da matemática**. 3. ed. Palhoça: UnisulVirtual, 2011.

DICKEL, M. T.; NOTARE, M. R. Isometrias e Geogebra: o papel do arrastar na construção de conceitos. **RENOTE: Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, 2018.

DINIZ, D.; MUNHOZ, A. T. **Cópia e pastiche: plágio na comunicação científica**. *Argumentum*, Vitória, v. 1, n. 3, p. 11-28, jan./jun. 2011.

D'AMBROSIO, U. Educação Matemática, Tecnologia e Sociedade. In: **Conferência no VII EPREM**, Foz do Iguaçu, 21-24/11/2002. Disponível em: http://www.sbemparana.com.br/arquivos/anais/epremvii/palestras/palestra_de_abertura.pdf. Acesso em: 11 mar. 2025.

DUARTE, J. B. *Memorial*. **AgroUFG News**, Goiânia, n. 2, p. 01- 98, 2024

DUTRA, Manoel Gustavo Aguiar. **Proposta de Ensino de Geometria Plana utilizando o software de Geometria Dinâmica Geogebra**. 2011. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) – Universidade Estadual do Norte do Paraná, Campus Luiz Meneghel, Bandeirantes, 2011.

EL-DEGHADY, H.; MANSOUR, N. **Science teachers' perceptions of STEM education: possibilities and challenges**. *International Journal of Learning and Teaching*, v. 1, n. 1, 2015.

ENGELHARDT, P. V. et al. The teaching experiment- what it is and what it isn't. **AIP Conference Proceedings**, Madison, v. 720, n. 1, p. 157-160, 2004. Disponível em: <https://aip.scitation.org/doi/abs/10.1063/1.1807278>. Acesso em: 2 out. 2024.

ENGLISH, L. D. STEM education K-12: perspectives on integration. In: **International Journal of STEM Education**, v. 3, n. 1, p. 3, 2016.

EVES, H. **Introdução à história da matemática**. 5. ed. Tradução: Hygino H. Domingues. Campinas, SP: Editora da Unicamp, 2011.

FAGIANI, C. C.; FRANÇA, R. L. Ética e pesquisa em educação e trabalho: algumas considerações. **Laplage em Revista**, v. 1, n. 2, p. 48-58, 2015.

FERREIRA, R. C. **Ensinando matemática com o GeoGebra**. *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 6, n. 10, 2010.

FIA. **O que é Chat GPT, impactos e como usar esta inteligência artificial?** Disponível em: <https://fia.com.br/blog/chat-gpt/>. Acesso em: 18 jun. 2024.

FRASER, M. T. D.; GONDIM, S. M. G. **Da fala do outro ao texto negociado: discussões sobre a entrevista na pesquisa qualitativa**. *Paideia*, v. 14, n. 28, p. 139-152, 2004.

GARCEZ, A.; DUARTE, R.; EISENBERG, Z. Produção e análise de videogravações em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 37, n. 2, p. 249-262, 2011.

GE, X.; IFENTHALER, D.; SPECTOR, J. M. (ed.). *Emerging technologies for STEAM education: full STEAM ahead*. Dordrecht: Springer, 2015.

GODOY, A. S. **Pesquisa qualitativa: tipos fundamentais**. *Revista de Administração de Empresas*, São Paulo, v. 35, n. 4, p. 65-71, 1995.

GOMES, D. S. Inteligência artificial: conceitos e aplicações. *Revista Olhar Científico, Ariquemes*, RO, v. 1, n. 2, p. 234-246, ago./dez. 2010.

GRANOVSKIY, B. Science, technology, engineer-ing, and mathematics (STEM) education: na over-view. **Congressional Research Service**, June, 2018. Disponível em: <<https://fas.org/sgp/crs/misc/R45223.pdf>>. Acesso em: 10 fev. 2025.

GUELLI, O. *Contando a história da matemática: a invenção dos números*. 7. impr. São Paulo: Ática, 2004.

HAFIZ, N. R. M.; AYOP, S. K. **Engineering design process in STEM education: a systematic review**. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, v. 9, n. 5, p. 676-697, 2019.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos de física: mecânica*. Vol. 1. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

HENRIKSEN, D. **Creating STEAM with design thinking: beyond STEM and arts integration**. *The STEAM Journal*, v. 3, n. 1, p. 11, 2017.

HILL-YARDIN, E. L. et al. A Chat (GPT) about the future of scientific publishing. *Brain, Behavior, and Immunity*, v. 110, p. 152-154, 2023.

HONEY, M.; PEARSON, G.; SCHWEINGRUBER, H. **STEM integration in K-12 education**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2014.

HUGHES, J.; MORRISON, L. **The use of E-textiles in Ontario education**. *Canadian Journal of Education*, v. 41, n. 1, p. 543-571, 2018.

IDEM, R. C. **Compreensões sobre a resolução de problemas com tecnologias digitais na construção de padrões dinâmicos no Scratchpor estudantes do Ensino Fundamental**. 229 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática), Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2022.

KAFAL, Y. B. Education from computational thinking to computational participation in K-12 education. **Communications of the ACM**, v. 59, n. 8, p. 26-27, ago. 2016.

KAFAL, Y. B.; PROCTOR, C.; LUI, D. From theory bias to theory dialogue: embracing cognitive, situated, and critical framings of computational thinking in K-12 CS education. *ACM Inroads*, v. 11, n. 1, p. 44-53, 2020.

KELLEY, T. R.; KNOWLES, J. G. **A conceptual framework for integrated STEM education**. *International Journal of STEM Education*, v. 3, n. 11, 2016.

KHINE, M. S.; AREEPATTAMANNIL, S. (org.). *STEAM education: theory and practice*. 1. ed. Cham, Suíça: Springer, 2019.

LESH, R.; LEHRER, R. Iterative refinement cycles for videotape analyses of conceptual change. In: KELLY, A. E.; LESH, R. (org.). **Handbook of research data design in mathematics and science education**. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 2000. p. 665-708.

LIEBAN, D. E.; MÜLLER, T. J. **Construção de utilitários com o software GeoGebra: uma proposta de divulgação da geometria dinâmica entre professores e alunos**. *Revista do Instituto GeoGebra Internacional de São Paulo*, v. 1, p. 37-50, 2012.

LOPES, A. F. et al. O que significa cada letra da sigla STEM? Uma versão para o contexto educacional brasileiro. *Revista de Estudos e Pesquisas sobre Ensino Tecnológico*, Manaus, v. 8, e165822, 2022.

LOPES, L. et al. Cultura maker como fomento para o aprendizado em práticas de STEM em uma escola pública na região metropolitana de Porto Alegre, RS, Brasil. In: MORALES-LÓPEZ, Y. (ed.). **Memorias del I Congreso Internacional de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional, Costa Rica**. Costa Rica: Universidad Nacional, 2019.

LORENZIN, M. P. **Sistemas de atividade e STEAM: possíveis diálogos na construção de um currículo globalizador para o ensino médio**. *CHOICES – Cultural Historicity Out-of-school Innovations for Communication and Education in Science*, 25 abr. 2016.

LOUREIRO, D.; KLÜBER, T. E. As escolas do Formalismo, Logicismo e Intuicionismo: um olhar para o ensino de matemática. In: **CONFERÊNCIA INTERAMERICANA DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA**, n. 14, 2015, Chiapas, México. Anais [...], 2015. P. 01 – 14.

MAINARDES, J. **Ética na pesquisa em educação: panorama e desafios pós Resolução CNS nº 510/2016**. *Educação*, Porto Alegre, v. 40, n. 2, p. 160-173, maio/ago. 2017.

MANGOLD, Jennifer; ROBINSON, Stefanie. The engineering design process as a problem solving and learning tool in K-12 classrooms. In: ASEE ANNUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 120., 2013, Atlanta. Anais [...]. Atlanta: American Society for Engineering Education, 2013. Disponível em: <https://escholarship.org/uc/item/8390918m>. Acesso em: 18 maio 2024. MANOHAR, R.; PRASAD, N. **Exploring the implications of AI-generated text in scientific publishing**. *Journal of Artificial Intelligence*, v. 2, n. 1, p. 34-45, 2023.

MARGINSON, S.; FREEMAN, R.; ROBERTS, K. **STEM: country comparisons: international comparisons of science, technology, engineering and mathematics (STEM) education**. Melbourne: Australian Council of Learned Academies, 2013.

MARTINS, H. H. T. de S. **Metodologia qualitativa de pesquisa**. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 289-300, maio/ago. 2004.

MAZZI, Lucas Carato. Análise matemática: um trabalho experimental. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 7., 2013, Montevideo. **Anais [...]**. Montevideo: [s. n.], 2013. p. 1792-1797.

MEC. Ministério da Educação e Cultura. **Educação de Jovens e Adultos: uma memória contemporânea, 1996-2004**. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=657-vol1ejaelt-pdf&category_slug=documentos-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 9 abr. 2024.

MELO, H. S. **Uma breve história do cálculo avançado: a Era de Arquimedes.** *Correio dos Açores*, p. 16, 2015.

MENEZES, Lilian Santos Leite; ALBRECHT, Evonir. A Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica e sua influência no ensino de astronomia dos anos iniciais do Ensino Fundamental. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 5., 2018, Londrina. **Anais [...]**. Londrina: Sociedade Astronômica Brasileira, 2018. p. 152-159. Disponível em: http://www.sab-astro.org.br/wp-content/uploads/2018/07/V_SNEA_2018_ANAIS_FINAL_v2.pdf. Acesso em: 18 maio 2024.

MONTEIRO, J. C. da S. **Assistente ChatGPT na educação: possibilidades e desafios.** *REASE – Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação*, São Paulo, v. 9, n. 6, p. 2899–2906. jun. 2023. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/10482/4303>. Acesso em: 18 jun. 2024.

MORAES, F. C. de. **Um passo de cada vez: conhecendo as unidades de medida através da sua história.** 2019. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2019.

MUTTI, G. S. L. et al. **Logicismo, intuicionismo e formalismo: uma análise de documentos das licenciaturas em Matemática das universidades públicas paranaenses.** *Educação Matemática Pesquisa*, São Paulo, v. 21, n. 2, 2019. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/article/view/40766/pdf>. Acesso em: 18 jun. 2024.

NAMUKASA, I. K.; HUGHES, J.; SCUCUGLIA, R. STEAM and critical making in teacher education. In: DANESI, M. (ed.). **Handbook of cognitive mathematics.** Cham, Suíça: Springer Nature Switzerland, 2022. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-44982-7_15-1.

NASCIMENTO, E. G. A. do. Avaliação do uso do software GeoGebra no ensino de geometria: reflexão da prática na escola. In: **Conferência Latino-Americana de GeoGebra**, 2012, Montevidéu. **Anais [...]**. Montevidéu, 2012. Disponível em: <http://www.geogebra.org.uy/2012/actas/procesadas1370724062/67.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2024.

NEVES, J. L. **Pesquisa qualitativa: características, usos e possibilidades.** *Caderno de Pesquisas em Administração*, São Paulo, v. 1, n. 3, 1996.

NÓVOA, A.; FINGER, M. (org.). **O método (auto)biográfico e a formação.** Lisboa: Ministério da Saúde, Departamento dos Recursos Humanos da Saúde, 1988.

NSPE – National Society of Professional Engineers. *Professional engineering body of knowledge.* Alexandria, VA: NSPE, 2013.

OBA – Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica. Disponível em: <http://www.oba.org.br/site/index.php/zerouminforma.com.br/estudante-da-escola-do-sesi-de-dourados-recebe-medalha-de-ouro-na-olimpiada-brasileira-de-astronomia-e-astronautica/?p=conteudo&idcat=29&pag=conteudo>. Acesso em: 28 out. 2024.

OHSE, Marcos Lair. **A Matemática na Idade Moderna: do renascimento à revolução industrial.** Pelotas: Ed. UFPel, 2012.

OLIVEIRA, D. E. S. D.; SUZUKI, A. C.; PAVINATO, G. A.; SANTOS, J. V. L. A **importância da família para o desenvolvimento infantil e para o desenvolvimento da aprendizagem: um estudo teórico**. *Revista Científica Intraciência*, ed. 19, 2020. Disponível em: https://uniesp.edu.br/sites/_biblioteca/revistas/20200522115524.pdf. Acesso em: 9 abr. 2024.

ONODY, R. N. **Teste de Turing e Inteligência Artificial**. Instituto de Física de São Carlos/USP, São Paulo, p. 1-3, 2021. Disponível em: https://repositorio.usp.br/directbitstream/8a6402dc-7cc6-4f66-aae6-93865fbfe05c/PROD032068_3044270.pdf. Acesso em: 03 abr. 2024.

ORTIZ, Samara. A Matemática da Babilônia. ResearchGate, [s. l.], out. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/351661897>. Acesso em: 18 maio 2024.

OSTETTO, L. E.; BERNARDES, R. K. **Modos de falar de si: a dimensão estética nas narrativas autobiográficas**. *Pro-Posições*, Campinas, v. 26, n. 1, p. 161-178. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pp/a/xrdLcNHtLfsmrRpHrYY4c8H/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 abr. 2024.

PERKINS, D. O que é compreensão? In: WISKE, M. S. et al. *Ensino para compreensão: a pesquisa na prática*. Porto Alegre: Artmed, 2007.

PINHEIRO, N. A. M.; SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A. **O contexto científico-tecnológico e social acerca de uma abordagem crítico-reflexiva: perspectiva e enfoque**. *Revista Ibero-Americana de Educação*, n. 49/1, 2009. Disponível em: <https://rieoei.org/RIE/article/view/2116/3130>. Acesso em: 16 abr. 2023.

POGRÉ, P.; LOMBARDI, G.; EQUIPE DO COLÉGIO SIDARTA. *O ensino para a compreensão: a importância da reflexão e da ação no processo ensino-aprendizagem*. Vila Velha, ES: Hoper, 2006.

POWELL, A. B.; FRANCISCO, J. M.; MAHER, C. A. **Uma abordagem à análise de dados de vídeo para investigar o desenvolvimento das ideias matemáticas e do raciocínio de estudantes**. *Bolema*, Rio Claro, v. 17, n. 21, p. 1-47, maio 2004.

PUGLIESE, G. O. **Os modelos pedagógicos de ensino de ciências em dois programas educacionais baseados em STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics)**. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

PUGLIESE, G. O. **STEM education no contexto das reformas educacionais: os efeitos das políticas de educação globalizantes no currículo e na profissionalização docente**. 2021. Tese (Doutorado em Educação Científica, Matemática e Tecnológica) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

QUEIRÓ, J. F. A matemática (1537-1771). In: FERRER CORREIA, A.; RAMOS, L. A. O.; SERRÃO, J.; OLIVEIRA, A. (org.). *História da Universidade em Portugal – Sec. 5, Cap. V - O saber: dos aspectos aos resultados*. Coimbra: Universidade de Coimbra, 1993. v. 1, pt. II.

QUINA, N. STE(A)M no futuro da educação. In: SILVA, E. M.; MESQUITA, C.; PIRES, M. V.; LOPES, R. P. (org.). *VI Encontro Internacional de Formação na Docência*. Bragança: Instituto Politécnico de Bragança, 2022. p. 944-949. ISBN 978-972-745-301-6.

RICIERE, A. P. *Arqueologia matemática: a origem da matemática nas civilizações antigas*. São Paulo: Parma, 1991.

RITZ, J. M.; FAN, S.-C. **STEM and technology education: international state-of-the-art**. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 25, n. 4, p. 429–451, 2015.

SACRISTÁN, J. G. O currículo: os conteúdos do ensino ou uma análise prática? In: SACRISTÁN, J. G.; GÓMEZ, A. L. P. *Compreender e transformar o ensino*. 4. ed. São Paulo: Artmed, 1998. p. 119-148.

□ SANDERS, M. **STEM, STEM education, STEMmania**. *The Technology Teacher*, v. 68, n. 4, p. 20–26, 2009.

SANTOS, C. P.; NETO, J. P.; SILVA, J. N. **Babilônia-Ur**. Norprint: Edimpresa, 2008.

SANTOS, F. L. A Matemática na Antiguidade (Pré-História, Egito Antigo, Mesopotâmia e Grécia Antiga). **LeomatefísicaTudo**, [s. l.], 2011. Disponível em: [https://leomatefísica.webnode.com.br/news/a%20matematica%20na%20antiguidade%20\(%20pre-historia,%20egito%20antigo,%20mesopot%C3%A2mia%20e%20grecia%20antiga%20\)/](https://leomatefísica.webnode.com.br/news/a%20matematica%20na%20antiguidade%20(%20pre-historia,%20egito%20antigo,%20mesopot%C3%A2mia%20e%20grecia%20antiga%20)/). Acesso em: 18 jun. 2024.

SATO, L.; SOUZA, M. P. R. **Contribuindo para desvelar a complexidade do cotidiano através da pesquisa etnográfica em psicologia**. *Psicologia USP*, v. 12, n. 2, p. 29-47, 2001.

SCUCUGLIA, R. R. S. **Artes em Educação Matemática**. *Fi*, n. 12, p. 269-285, Porto Alegre, 2019.

SCUCUGLIA, R. R. S.; IDEM, R. C. (org.). **Experiências estéticas em Educação Matemática**. 1. ed. Porto Alegre: Editora Fi, 2021. v. 1.

SEVERINO, Antônio Joaquim. **Metodologia do Trabalho Científico**. 23. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

SILVERSTEIN, Lynne B.; LAYNE, Sean. What is arts integration. **The Kennedy Center**, Washington, DC, [s.d.]. Disponível em: <https://www.kennedy-center.org/education/resources-for-educators/classroom-resources/articles-and-how-tos/articles/collections/arts-integration-resources/what-is-arts-integration/>. Acesso em: 18 maio 2024.

SOSTER, T. S. **Revelando as essências da educação maker: percepções das teorias e das práticas**. *Tecnologias, Sociedade e Conhecimento*, v. 7, n. 2, p. 189-193, 2020.

SOUSA, Rainer. Babilônia. História do Mundo, [s. l.], [s.d.]. Disponível em: <https://www.historiadomundo.com.br/babilonia>. Acesso em: 18 maio 2024.

SOUZA, R. S.; TELES, J. N. S.; RODRIGUES, L. A. **Atividades STEM Maker: investigando contribuições de práticas extracurriculares no IFBA campus Seabra.** *Revista de Estudos em Educação e Diversidade*, v. 3, n. 7, 2022.

STEFFE, L. P.; THOMPSON, P. W. Teaching experiment methodology: underlying principles and essential elements. In: LESH, R.; KELLY, A. E. (ed.). *Research design in mathematics and science education*. Hillsdale: Erlbaum, 2000.

STRUIK, D. J. *História concisa da matemática*. Lisboa: Gradiva, 1992.

TAQUETTE, S. R.; BORGES, L. *Pesquisa qualitativa para todos*. Petrópolis: Vozes, 2020.

TEIXEIRA, J. *O que é inteligência artificial*. São Paulo: E-Galáxia, 2019.

TELES, I. S. R. *MEMORIAL REFLEXIVO: história e análise de uma trajetória profissional docente*. 2011. Dissertação (Mestrado em Linguagem, Cultura e Discurso) – Universidade Vale do Rio Verde – UNINCOR, Três Corações, 2011. 85 p. Disponível em: https://www.unincor.br/images/arquivos_mestrado/dissertacoes/isabel_de_souza_romanelli_t eles.pdf. Acesso em: 9 abr. 2023.

TREVISAN, A. L. **De professor de matemática a pesquisador em educação matemática: uma trajetória.** *Bolema*, Rio Claro, v. 28, n. 49, p. 762-776, 2014.

TRINDADE, A. S. C. E.; OLIVEIRA, H. P. C. **Inteligência artificial (IA) generativa e competência em informação: habilidades informacionais necessárias ao uso de ferramentas de IA generativa em demandas informacionais de natureza acadêmica-científica.** *Perspectivas em Ciência da Informação*, v. 29, 2024.

URIAS, G. M. P. C.; AZEREDO, L. A. S. **Metodologias ativas nas aulas de Administração Financeira: alternativa ao método tradicional de ensino para o despertar da motivação intrínseca e o desenvolvimento da autonomia.** *Administração: Ensino e Pesquisa*, São Paulo, v. 18, n. 1, p. 39-67, jan. 2017.

VIANA, W. S.; JORDANE, A. **Uma proposta de ensino de função seno utilizando o GeoGebra no Ensino Médio.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Matemática) – Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), Vitória, 2022.

VUERZLER, Hugo Lorian. **Modelo de educação integrativa: a abordagem STEAM em uma proposta de ensino investigativo experienciado em uma Escola Estadual**, Cuiabá, MT. 2020. 127 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Biologia) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2020. Disponível em: [<https://www.profbio.ufmg.br/wp-content/uploads/2021/09/Dissertacao-HUGO-LORIANO-VUERZLER.pdf>]. Acesso em: 18 maio 2024. XIE, Y.; FANG, M.; SHAUMAN, K. **STEM education.** *Annual Review of Sociology*, v. 41, 2015.

ZAMONEL, Beatriz de Barros. **Professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental e suas imagens sobre a Matemática.** 2023. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ensino e Processos Formativos) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de São José do Rio Preto, São José do Rio Preto, 2023. Disponível em: [<https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/ff077bc8-ee4b-4827-bb5e-fbffb32589d0/content>]. Acesso em: 18 maio 2024.

ANEXO 1 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido



Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

(Conselho Nacional de Saúde, Resolução 466/2012/Resolução 510/2016)

Seu (Sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) está sendo convidado a participar como voluntário do projeto de pesquisa "STEAM na Educação Básica em Educação Matemática" sob responsabilidade do(a) pesquisador(a) Ricardo Scucuglia Rodrigues da Silva. O estudo será realizado por meio de uma oficina ministrada pelo pesquisador principal e pela pesquisadora assistente e oferecida para os alunos do Ensino Básico com o objetivo de investigar como estes alunos exploram atividades baseadas na pedagogia STEAM (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*). O participante que aceitar fazer parte desta pesquisa está exposto ao risco de constrangimento durante a realização da pesquisa caso não consiga completar a tarefa. Qualquer participante que se sentir incomodado ou constrangido em qualquer etapa da coleta de dados da pesquisa poderá encerrar sua participação sem nenhum dano. Você poderá consultar o(a) pesquisador(a) responsável em qualquer época, pessoalmente ou pelo telefone da instituição, para esclarecimento de qualquer dúvida. Seu (Sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) está livre para, a qualquer momento, deixar de participar da pesquisa. Todas as informações fornecidas por você e pelo(a) seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) e os resultados obtidos serão mantidos em sigilo e, estes últimos só serão utilizados para divulgação em reuniões e revistas científicas. Você será informado de todos os resultados obtidos, independentemente do fato de estes poderem mudar seu consentimento em autorizar seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) a participar da pesquisa. Você e seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) não terão quaisquer benefícios ou direitos financeiros sobre os eventuais resultados decorrentes da pesquisa. Você tem direito à assistência e à indenização nos casos de danos decorrentes de sua participação na pesquisa, o que é garantido pelo Código Civil, Lei 10.406 de 2002, Artigos 927 a 954 e Resolução CNS nº 510 de 2016, Artigo 9º, inciso 6. Este estudo é importante porque seus resultados fornecerão informações para a produção de novos conhecimentos na área de Educação Matemática.

Diante das explicações, se você concorda que seu (sua) filho(a) (ou menor sob sua responsabilidade) participe deste projeto, forneça os dados solicitados e coloque sua assinatura a seguir.

**Menor participante:**

Nome: _____ R.G. _____

Responsável(is)

Nome: _____ R.G. _____

Endereço: _____ Fone: _____

_____, _____ de _____ de 20__

Assinatura - Responsável legal_____
Assinatura - Pesquisador(a) responsável

OBS.: Termo apresenta duas vias, uma destinada ao responsável legal e a outra ao pesquisador.

Nome Pesquisador(a): Ricardo Soucuglia Rodrigues da Silva	Cargo/Função: Docente
Instituição: Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas – IBILCE/UNESP	
Endereço: Rua Cristóvão Colombo, 2265, bairro: Jardim Nazareth	
Telefone: (17) 3221-2319	
Projeto submetido ao Comitê de Ética em Pesquisa do IBILCE/UNESP	
Rua Cristóvão Colombo, 2265. Bairro: Jardim Nazareth.	
São José do Rio Preto/SP – Fone: 17-3221.2480 e 3221.2545	

OBS.

ANEXO 2 – Coletando Relatos: Roteiro do Pesquisador

Nome: _____

Coletando Relatos - Roteiro do Pesquisador

1) Qual foi a parte mais empolgante do projeto do foguete para você?

2) O que você aprendeu sobre foguetes durante esse projeto?

3) Houve alguma parte do processo de construção do foguete que você achou desafiadora?

4) Como foi trabalhar em equipe no projeto de construção do foguete?

5) Se você pudesse fazer alguma coisa diferente no projeto, o que seria?

--

6) O que você mais gostou na experiência de construir e lançar o foguete?

--

7) Você acha que esse projeto despertou mais interesse em ciência em seus colegas de classe?

--

8) O que você levará consigo desta experiência de construir e lançar um foguete?

--

ANEXO 3 – Voando Alto com a Matemática: Parte I

Nome: _____

Voando Alto com a Matemática - Parte I

Desenhe como foi participar da Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG).

ANEXO 4 – Voando Alto com a Matemática: Parte II

Nome: _____

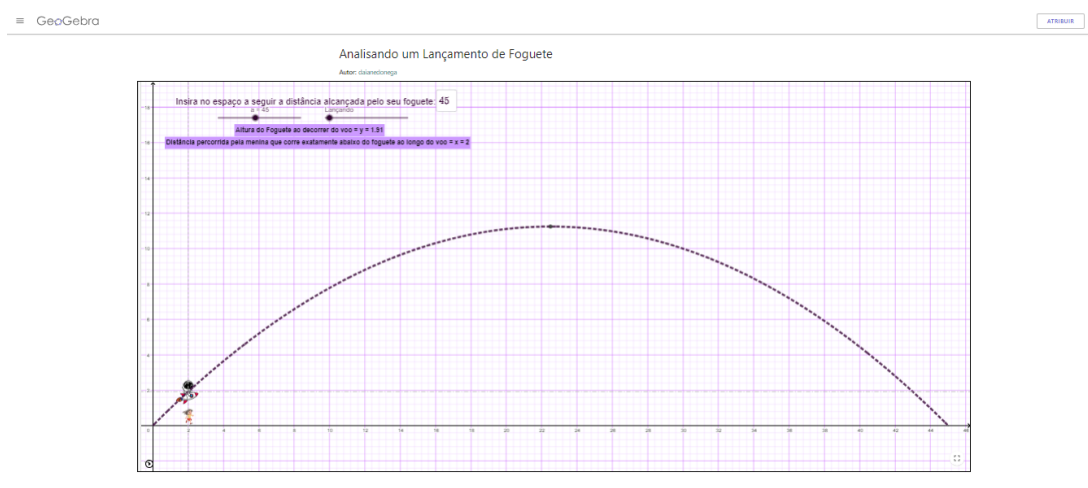
Voando Alto com a Matemática - Parte II

Prezado/a aluno/a,

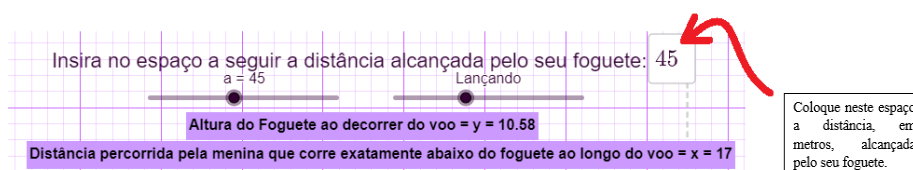
Para prosseguirmos com a segunda parte deste projeto, é essencial utilizar o Software GeoGebra. Para começar, por favor, abra no computador disponibilizado o link abaixo:
<https://www.geogebra.org/m/gcuyhwwb>

Procedimentos:

Ao acessar o link acima, a seguinte página será aberta no computador:



Com esse programa, você terá a oportunidade de simular virtualmente o lançamento que seu foguete realizou durante a sua participação na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG). Para realizar essa simulação, insira no espaço apontado abaixo a distância, em metros, que o seu foguete alcançou. Lembrando que a distância é medida entre o local de lançamento e o local onde parou o foguete, medido ao longo da horizontal.



Após inserir o número que representa a distância percorrida pelo seu foguete no espaço indicado, clique no ícone  localizado no canto inferior esquerdo da tela para iniciar a simulação do seu lançamento.

Atividades

1. Na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG), qual foi a distância alcançada pelo seu foguete em metros?

- 2) Qual estimativa você faria, após explorar o software, para a altura máxima atingida pelo seu foguete?

- 3) Suponha que o seu foguete tenha alcançado a distância de 36 metros. Com base no software apresentado, preencha a tabela abaixo com os valores correspondentes da altura do foguete quando ele estiver sobrevoando exatamente os seguintes pontos do eixo x:

x (<i>Distância</i>)	y (<i>Altura</i>)
0	
6	
12	
18	
24	
30	
36	

- 4) Faça um desenho da trajetória do foguete lançado por você.

ANEXO 5 – Voando Alto com a Matemática: Parte III

Nome: _____

Voando Alto com a Matemática - Parte III

1) Escreva 4 palavras que descrevam/representem a sua participação na Mostra Brasileira de Foguetes (MOBFOG) e neste projeto aqui hoje aplicado.

Palavra 1:
Palavra 2:
Palavra 3:
Palavra 4:

2) Utilize o *ChatGPT* para fazer a solicitação apresentada a seguir, substituindo exclusivamente às palavras "palavra 1", "palavra 2", "palavra 3" e "palavra 4" pelas quatro palavras previamente escolhidas por você.

Componha um poema que descreva um momento representado pelas seguintes palavras: palavra 1, palavra 2, palavra 3 e palavra 4

Enviar mensagem

↑

ChatGPT can make mistakes. Consider checking important information.

3) Você gostou do poema criado com o *ChatGPT*? Você gostaria de alterar algo?

ANEXO 6 – Poemas gerados pelo ChatGPT

DUPLA 1	
1º Aluno	2º Aluno
<i>Na sala de ciências, a mente curiosa, Onde o saber se tece, a visão laboriosa. Alunos ansiosos, olhares a brilhar, O espaço sideral, a nos deslumbrar.</i> <i>O mestre sábio, guia desta jornada, Com conhecimento que nunca se acaba. Nas mãos jovens, a criação se revela, Um foguete nasce, sonho que se encela.</i> <i>Metal e sonhos, na bancada se entrelaçam, Curiosidade e saber, juntos avançam. Aula se transforma em obra a decolar, Rumo ao cosmo, a imaginação a vibrar.</i> <i>Contemplamos estrelas, pontos de luz no infinito, No foguete, sonhos em cada giro escrito. Lançamento esperado, corações em pulsação, Na sala de ciências, ecoa a celebração.</i> <i>No espaço sideral, o foguete dança, Um poema de ciência, uma eterna lança. Aula se torna epopeia, no céu a navegar, No coração dos estudantes, o saber a brilhar.</i>	<i>No pico da altura, onde o céu toca a mão, Exploramos o cosmos, em busca da expansão. A NASA, guia intrépida, nos leva a sonhar, No espaço sideral, destinos a desvendar.</i> <i>Planetas dançam em órbita, astros a cintilar, A imaginação se eleva, pronta a decolar. Na nave do conhecimento, rumo ao além, Descobrimos segredos, como nunca ninguém.</i> <i>A NASA, pioneira, desbravando o céu sem fim, Nas asas da ciência, o universo é o jardim. Galáxias se entrelaçam, constelações a brilhar, No espaço sideral, a descoberta a nos encantar.</i> <i>Alturas inexploradas, mistérios a revelar, O cosmo, vasto oceano, a nos hipnotizar. Na tela do espaço, a NASA escreve a história, E o coração humano, na busca, ganha glória.</i> <i>No silêncio cósmico, estrelas são faróis, Guia da humanidade, entre astros e sóis. Planetas testemunham nossa jornada real, Na altura do espaço, a NASA nos leva a voar.</i>

DUPLA 2	
1º Aluno	2º Aluno
<i>Num céu de sonhos, além do horizonte distante, Foguetes de esperança dançam, radiantes. Lançamento de sonhos, com vigor a ascender, No firmamento, desejos a florescer.</i> <i>Na plataforma da vida, a dedicação é brilho, Engenhos preparados, feitos com capricho. Alegria palpita no coração que espera, O instante mágico que o tempo acelera.</i> <i>Engrenagens de sonhos, em sincronia perfeita, Lançamento é a sinfonia que o cosmos deleita. Alegria explode em cores nos olhos que veem,</i>	<i>Num campo de sonhos onde a imaginação se eleva, Foguetes de risos cortam o céu, a alegria que relevo. Diversão é a estrela que guia esta jornada, Brincadeira, o enredo que a felicidade desenha.</i> <i>Em um universo de cores, como fogos que florescem, Crianças lançam sonhos, o horizonte enriquecem. Foguetes de papel, voando alto e veloz, Diversão é o mote, em cada gesto, em cada troca de voz.</i> <i>Entre risos e saltos, a brincadeira é lei, No palco da inocência, a magia se refaz a cada passeio. Foguetes de alegria desenhavam constelações de sorrisos,</i>

<i>O resultado da dedicação que nunca se desfaz.</i> <i>No éter, uma festa, um espetáculo de luz, Foguetes rompem o silêncio, trazendo a conduzir. Dedicação floresce como estrelas no espaço, Alegria é o eco que ressoa no compasso.</i> <i>Assim, nesse instante efêmero e sublime, Foguetes pintam o céu, num lançamento que exprime. Alegria celebra o triunfo da jornada, Dedicação é o combustível que nunca se esvai, eternizada.</i>	<i>Diversão é a pista, a dança que segue sem juízos.</i> <i>Em cada gargalhada, um momento legal, Onde a simplicidade se torna um presente especial. Brincadeira é a canção que embala esse instante, Foguetes de vivacidade, um céu de riso vibrante.</i> <i>Assim, nesse momento onde a alma é o astral, Foguetes de diversão explodem, sem igual. Brincadeira e legalidade, num universo singular, Onde a magia da infância nos convida a flutuar.</i>
--	--

DUPLA 3	
1º Aluno	2º Aluno
<i>Numa jornada chamada vida, legal começa o ato, Caminhando na trilha do destino, meio difícil, de fato. Entre desafios que tecem a trama do existir, Um enigma complexo, a se desvendar a sorrir.</i> <i>Numa dança de sentimentos, o interessante se revela, Como pássaro que voa, a liberdade que apela. Caminhando por veredas de sonhos e de dor, A estranheza se mistura, um tempero de sabor.</i> <i>Legal é a luz que ilumina o caminho, Mas meio difícil é o fardo do destino. Interessante é o encontro de almas perdidas, Numa dança cósmica, nas estrelas perdidas.</i> <i>Estranho é o toque do desconhecido, Que nos leva a lugares onde somos perdidos. Num ciclo eterno, entre o céu e o chão, A vida se tece, legal, difícil, interessante e estranha, em canção.</i>	<i>Na penumbra do desconhecido, surge o medo, Um eco sutil, um sussurro no enredo. Mas na sombra, a luz da expectativa brilha, Antecipando o amanhã, a esperança se enreda.</i> <i>O coração pulsa, num compasso incerto, Entre o receio e a promessa, o destino aberto. Alegria aguarda, nos bastidores do instante, Como uma flor que desabrocha, radiante.</i> <i>O interesse tece pontes entre o agora e o porvir, Curiosidade a guiar, como estrela a reluzir. Nas entrelinhas do tempo, uma dança se inicia, Onde medo e expectativa se entrelaçam na delícia.</i> <i>Caminhamos na corda bamba da emoção, Entre o receio e o anseio, uma constante aflição. Mas no palco do viver, a alegria é a estrela, Iluminando o cenário, transcendendo a capela.</i> <i>Assim, nesse instante mágico da existência, Medo e expectativa dançam com alegria em cadência. O interesse, como maestro, conduz a melodia, Numa sinfonia efêmera, onde a vida se inicia.</i>

DUPLA 4	
1º Aluno	2º Aluno
<i>Num palco da vida, a cena se desenha, Fazer é o ato que a esperança acalenta. Como um artista, na tela da rotina,</i>	<i>Num instante legal, a vida sorri, Cores de alegria, o mundo a florir. Divertido é o riso que ecoa no ar,</i>

<i>Pintamos sonhos com a tinta da inventa.</i> <i>Decorar a trama, versos na memória, Cada detalhe, pérolas da história. No palimpsesto do tempo a dançar, Lançamos versos ao vento, a encantar.</i> <i>No jogo da vida, a sorte a girar, Lançamos dados no tabuleiro do mar. Ganhar é a meta, o prêmio da jornada, A vitória conquistada, a alma aclamada.</i> <i>Assim, a vida se tece em melodias, Fazer, decorar, lançar, ganhar dias. Num poema eterno, o coração a pulsar, Na dança da existência, a vida a bailar.</i>	<i>Um quadro de felicidade a brilhar.</i> <i>Radical, a jornada em emoção, Aventuras tecidas, na vastidão. Alegre é o compasso que o coração bate, No balanço da vida, a dança que encanta.</i> <i>Entre risos e saltos, o tempo se estende, Legalidade na trama, alegria que se rende. Divertido é o enredo, traçado a sorrir, Na trilha radical, a vida a se abrir.</i> <i>Como um raio de sol, tão vibrante, A alegria nos olhos, fulgurante. No palco da vida, um espetáculo a compor, Legal, divertido, radical, a alegria a florir.</i>
---	---