



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL  
MESTRADO PROFISSIONAL EM TECNOLOGIA EDUCACIONAL**

**FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU**

**CULTURA *MAKER*, FABRICAÇÃO DIGITAL E ROBÓTICA EDUCACIONAL NO  
ENSINO DE GEOMETRIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES**

**FORTALEZA  
2025**

FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU

**CULTURA MAKER, FABRICAÇÃO DIGITAL E ROBÓTICA EDUCACIONAL NO  
ENSINO DE GEOMETRIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional, do Instituto Universidade Virtual (IUVI) da Universidade Federal do Ceará (UFC), como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Educacional. Área de concentração: Educação.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos.  
Coorientador: Prof. Dr. Daniel Brandão Menezes

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

A145c Abreu, Francisco Glauberto da Silva.

Cultura maker, fabricação digital e robótica educacional no ensino de geometria : Um estudo com professores / Francisco Glauberto da Silva Abreu. – 2025.

226 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, 1, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos.

Coorientação: Prof. Dr. Daniel Brandão Menezes.

1. Formação de professores. 2. Pensamento computacional. 3. Metodologias ativas. 4. Tecnologias digitais na educação. I. Título.

CDD

---

FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU

**CULTURA MAKER, FABRICAÇÃO DIGITAL E ROBÓTICA EDUCACIONAL NO  
ENSINO DE GEOMETRIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Educacional, do Instituto Universidade Virtual (IUVI) da Universidade Federal do Ceará (UFC), como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Educacional.

Aprovada em: 27/06/2025.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Daniel Brandão Menezes (Coorientador)  
Universidade Estadual do Ceará (UECE)

---

Profa. Dra. Maria de Fátima Costa de Souza  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Profa. Dra. Crhristiane da Fonseca Souza  
Universidade Federal de Catalão (UFCAT)

## AGRADECIMENTOS

A conclusão desta dissertação representa um marco significativo em minha trajetória acadêmica. É com profunda gratidão que dedico estas palavras a todos que possibilitaram a concretização deste anseio.

Em primeiro lugar, expresso minha gratidão a Deus, cuja presença constante foi fonte de força, sabedoria e serenidade em cada etapa desta jornada. Sem essa iluminação divina, os desafios teriam sido consideravelmente mais árduos de superar.

Aos meus pais, exemplos de amor, dedicação e generosidade, que sempre estiveram presentes em todos os momentos de minha vida, oferecendo apoio, acolhimento e incentivo incondicionais. Levo comigo os valores que me transmitiram e que nortearam minha formação pessoal e profissional.

À minha esposa e filhas, pela convivência, pelos aprendizados e pela compreensão diante as exigências deste percurso, manifestando paciência e discernimento, especialmente nos períodos mais desafiadores. A alegria que me proporcionam e o afeto que recebo diariamente são minhas maiores inspirações.

Meu irmão, parceiro de vida, pelo companheirismo, apoio incondicional e pela certeza de que sempre posso contar com sua presença em todos os momentos.

À minha avó (*in memoriam*), cuja presença, embora não mais física, permanece viva em minhas lembranças e em meu coração. Sua dedicação, seus ensinamentos e seu amor foram fundamentais em minha formação e na construção dos valores que levo comigo.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos, minha imensa gratidão por toda orientação, parceria e confiança em mim depositada. Sua visão crítica e atenciosa foi essencial para o desenvolvimento desta dissertação. E ao coorientador Prof. Dr. Daniel Brandão Menezes, seus conselhos foram cruciais para o amadurecimento das ideias aqui apresentadas.

Aos membros da banca examinadora, que tão gentilmente aceitaram participar e colaborar com esta dissertação.

Expresso minha gratidão à Coordenação e a todos os Professores do Programa de Pós-graduação em Tecnologia Educacional desta Universidade, pelos valiosos ensinamentos, colaborações, trocas de experiências, orientações e empenho, que foram fundamentais para o desenvolvimento de minha pesquisa.

Aos meus colegas e amigos, que fizeram parte deste processo e compartilharam comigo suas experiências, desafios e conquistas. Suas palavras de incentivo e o apoio mútuo ao longo da trajetória foram de suma importância para que eu não perdesse a motivação.

Aos colegas da escola onde atuo, pela compreensão, pelo incentivo e pelo apoio durante toda essa trajetória. O ambiente colaborativo, as trocas constantes e a parceria foram essenciais não apenas para o desenvolvimento desta pesquisa, mas também para o fortalecimento pessoal e profissional.

Por fim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para minha caminhada, deixo o meu mais sincero agradecimento.

Muito obrigado!

“O melhor aprendizado acontece quando as pessoas estão ativamente envolvidas na construção de algo que seja significativo para elas.” (Seymour Papert)

## RESUMO

A presente pesquisa parte dos desafios históricos do ensino de Geometria, especialmente relacionados à dificuldade dos alunos em compreender conceitos abstratos e à carência de práticas pedagógicas que integrem tecnologias digitais. Essa realidade evidencia a necessidade de qualificar a formação docente, proporcionando recursos que tornem o ensino mais contextualizado, interativo e alinhado às demandas contemporâneas, conforme apontam indicadores como o IDEB e o SPAECE. Diante disso, esta pesquisa tem como objetivo investigar, na perspectiva da Engenharia Didática, como a Cultura *Maker*, a Fabricação Digital e a Robótica Educacional, sob uma abordagem construcionista e alinhada à Teoria das Situações Didáticas (TSD), podem promover práticas pedagógicas contextualizadas no ensino de Geometria nos anos finais do ensino Fundamental. O referencial teórico fundamenta-se na abordagem construcionista, na TSD e na Cultura *Maker*, articulando esses pilares aos pressupostos da Engenharia Didática de Segunda Geração (ED2). A pesquisa foi implementada no contexto de um curso de formação continuada, desenvolvido em um Centro de Excelência em Políticas Educacionais de uma universidade pública federal, com a participação de professores da educação básica. As atividades foram organizadas em uma Sequência Didática que integra processos de Fabricação Digital (modelagem 3D e impressão), Robótica Educacional (Arduino, motores e sensores) e programação visual, apoiadas em roteiros, tutoriais e materiais disponibilizados no produto educacional da pesquisa: o *site* Imprimindo Robôs. A análise dos dados foi realizada por meio da análise *a Posteriori* das Situações Didáticas e da comparação entre os questionários diagnóstico (pré-teste) e final (pós-teste), considerando percepções, avanços conceituais e desenvolvimento de competências tecnológicas. Os resultados indicam que os professores perceberam que a integração da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional ampliou significativamente suas práticas pedagógicas, permitindo ressignificar o ensino de Geometria, tornando-o mais concreto, dinâmico e alinhado à resolução de problemas. Destaca-se, ainda, que os participantes reconhecem essas tecnologias como recursos viáveis para enfrentar as dificuldades dos alunos, especialmente no entendimento de conceitos como área, perímetro e proporcionalidade. Como perspectivas futuras, espera-se que este trabalho contribua com novas pesquisas e práticas pedagógicas que explorem a Cultura *Maker* no ensino de Geometria, estendendo essa proposta a outros conteúdos matemáticos, etapas de ensino e contextos escolares, além de fortalecer processos formativos que incorporem metodologias ativas e tecnologias digitais de forma crítica, reflexiva e inovadora.

**Palavras-chave:** formação de professores; pensamento computacional; metodologias ativas; tecnologias digitais na educação.

## ABSTRACT

This research stems from the historical challenges of teaching Geometry, particularly the students' difficulty in understanding abstract concepts and the lack of pedagogical practices that integrate digital technologies. This scenario highlights the need to improve teacher training by providing resources that make teaching more contextualized, interactive, and aligned with contemporary educational demands, as evidenced by indicators such as IDEB and SPAECE. In this context, the objective of this study is to investigate, from the perspective of Didactical Engineering, how Maker Culture, Digital Fabrication, and Educational Robotics, under a constructionist approach and aligned with the Theory of Didactical Situations (TDS), can promote contextualized pedagogical practices in Geometry teaching at the final years of elementary school. The theoretical framework is based on Constructionism, TDS, and Maker Culture, articulated with the principles of Second-Generation Didactical Engineering (ED2). The study was carried out in the context of a continuing education course developed at a Center of Excellence in Educational Policies of a Brazilian public university, involving basic education teachers. The activities were organized in a Didactical Sequence integrating Digital Fabrication processes (3D modeling and printing), Educational Robotics (Arduino, motors, and sensors), and visual programming, supported by guides, tutorials, and materials made available on the educational product of the research: the "Imprimindo Robôs" website. Data analysis was conducted through a posteriori analysis of the didactical situations and comparative analysis of diagnostic (pre-test) and final (post-test) questionnaires, considering participants' perceptions, conceptual progress, and development of technological competences. The results show that teachers perceived that the integration of Maker Culture, Digital Fabrication, and Educational Robotics significantly expanded their pedagogical practices, enabling a redefinition of Geometry teaching, making it more concrete, dynamic, and problem-solving-oriented. Furthermore, participants recognized these technologies as viable tools to overcome students' difficulties, especially in understanding concepts such as area, perimeter, and proportionality. As future perspectives, it is expected that this work will contribute to new research and pedagogical practices that explore Maker Culture in Geometry teaching, extending this approach to other mathematical contents, educational stages, and school contexts, while strengthening formative processes that incorporate active methodologies and digital technologies in a critical, reflective, and innovative way.

**Keywords:** teacher education; computational thinking; active methodologies; digital technologies in education.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Etapas da Engenharia Didática.....	24
Figura 2	Ângulos formados por retas paralelas e transversal.....	48
Figura 3	Carro F1 da <i>Renault</i> produzido com impressão 3D.....	67
Figura 4	Construção da base do <i>chassi</i> no <i>Tinkercad</i> .....	68
Figura 5	Diagrama do circuito elétrico do PMA.....	71
Figura 6	Materiais disponibilizados para a realização da sequência.....	77
Figura 7	Discussão sobre a precisão dos ângulos no desenho manual.....	78
Figura 8	Processo de medição e anotação das dimensões dos componentes.....	79
Figura 9	Esboço no papel com marcações detalhadas de medidas.....	79
Figura 10	Esboço no papel elaborado por P28 e P38.....	80
Figura 11	Esboço no papel elaborado por P32 e P61.....	80
Figura 12	Modelo desenvolvido no <i>Tinkercad</i> no grupo de P35.....	81
Figura 13	Visualização do modelo no <i>Ultimaker Cura</i> antes da impressão.....	82
Figura 14	Processo de impressão 3D do <i>chassi</i> .....	82
Figura 15	Modelos finalizados após a impressão 3D.....	83
Figura 16	Apresentação do projeto pelo P42.....	83
Figura 17	Apresentação do projeto pelo P17.....	84
Figura 18	Apresentação de P35 exibindo o foguete modelado pelos alunos no <i>Tinkercad</i> .....	86
Figura 19	Materiais impressos em 3D e componentes utilizados na montagem do PMA.....	87
Figura 20	Diagrama do circuito elétrico do PMA entregue aos participantes.....	87
Figura 21	Equipes explorando os materiais, testando motores e interpretando o diagrama do circuito.....	88
Figura 22	Montagem dos circuitos e fixação dos componentes no <i>chassi</i> .....	89
Figura 23	Desenvolvimento dos códigos no ambiente <i>Mblock</i> .....	90
Figura 24	Validação dos PMAs na mesa de testes.....	90
Figura 25	Apresentação dos projetos pelos participantes.....	91
Figura 26	Protótipos desenvolvidos pelos participantes.....	94
Figura 27	Contextualização da sequência com vídeo sobre trator autônomo.....	95
Figura 28	Participantes discutindo estratégias de programação para o trajeto retangular.....	96

Figura 29	Testes dos PMAs na mesa de experimentação.....	97
Figura 30	Roda de conversa na fase de institucionalização.....	99
Figura 31	Códigos desenvolvidos na Sequência Didática 3.....	99

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Distribuição de participantes por gênero .....	104
Gráfico 2	Distribuição de participantes por faixa etária.....	104
Gráfico 3	Distribuição étnico-racial dos participantes.....	105
Gráfico 4	Nível de escolaridade dos participantes .....	105
Gráfico 5	Distribuição dos participantes por área de formação acadêmica.....	106
Gráfico 6	Tempo de atuação docente dos participantes.....	107
Gráfico 7	Nível de ensino em que os participantes atuam.....	107
Gráfico 8	Rede de ensino em que os participantes atuam.....	108
Gráfico 9	Quantidade de instituições em que os participantes atuam.....	108
Gráfico 10	Distribuição dos Participantes por Tempo de Atuação Docente/Profissional.....	109
Gráfico 11	Distribuição das respostas sobre a confiança no uso de tecnologias em sala de aula.....	110
Gráfico 12	Distribuição das respostas sobre o uso de metodologias ativas no ensino de Geometria (professores de Matemática).....	110
Gráfico 13	Distribuição das respostas sobre a crença de que a tecnologia melhora a aprendizagem em Geometria (professores de Matemática).....	111
Gráfico 14	Gráfico 14 – Distribuição das respostas sobre a experiência na aplicação de atividades práticas no ensino de Geometria (professores de Matemática).....	112
Gráfico 15	Distribuição das respostas sobre conhecimento dos conceitos básicos de Pensamento Computacional.....	113
Gráfico 16	Distribuição das respostas sobre a aplicabilidade da Cultura <i>Maker</i> no ensino de Matemática.....	113
Gráfico 17	Distribuição das respostas sobre saber utilizar o Pensamento Computacional para ensinar Matemática (professores de Matemática).....	114
Gráfico 18	Distribuição das respostas sobre conhecimento da abordagem construcionista e suas implicações no ensino de Matemática (professores de Matemática).....	115
Gráfico 19	Distribuição das respostas sobre utilização dos princípios do construcionismo em atividades práticas em sala de aula.....	115

Gráfico 20	Distribuição das respostas sobre o uso de recursos, ferramentas e espaços relacionados à Cultura <i>Maker</i> na escola.....	116
Gráfico 21	Frequência de uso das metodologias tradicionais e estruturadas na sala de aula.....	117
Gráfico 22	Frequência de uso das metodologias ativas, experimentais e tecnológicas na sala de aula.....	118
Gráfico 23	Frequência de uso das metodologias colaborativas, Freiriana e construtivistas na sala de aula.....	119
Gráfico 24	Conhecimento sobre Modelagem 3D, <i>Software</i> e Arduino.....	120
Gráfico 25	Fabricação Digital, Prática Docente e Desenvolvimento de Produtos <i>Maker</i> .....	120
Gráfico 26	Percepção geral sobre a formação em Cultura <i>Maker</i> e Robótica Educacional.....	130
Gráfico 27	Avaliação das Situações Didáticas.....	131
Gráfico 28	Percepção dos professores de Matemática sobre sua preparação para integrar Robótica e Fabricação Digital ao ensino de Matemática.....	133
Gráfico 29	Intenção dos participantes de realizar ou adaptar as Sequências Didáticas em suas aulas.....	134
Gráfico 30	Avaliação do Professor Formador.....	142

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1	Componentes utilizados na montagem do PMA.....	70
Quadro 2	Síntese das dificuldades e estratégias observadas nas três Sequências Didáticas.....	101
Quadro 3	Expectativas e Aprendizados na Categoria: Domínio de Ferramentas e Tecnologias Digitais.....	149
Quadro 4	Expectativas e Aprendizados na Categoria: Integração da Cultura <i>Maker</i> e Robótica às Práticas Pedagógicas.....	150
Quadro 5	Expectativas e Aprendizados na Categoria: Aplicação dos Conceitos Geométricos na Cultura <i>Maker</i> e Robótica.....	152

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CEP	Comitê de Ética e Pesquisa
CIPEMAC	Centro Integrado de Pesquisas Matemáticas e Computacionais
CAG	Carrinho Autoguiado
ED	Engenharia Didática
ED2	Engenharia Didática de Segunda Geração
FDM	<i>Fused Deposition Modeling</i>
IDEB	Índice de Desenvolvimento da Educação Básica
IUVI	Universidade Virtual
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
PC	Pensamento Computacional
PMA	Protótipo Móvel Autônomo
PMF	Prefeitura Municipal de Fortaleza
PPGTE	Programa De Pós- Graduação Em Tecnologia Educacional
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
SPAEC	Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TSD	Teoria das Situações Didáticas
UCA	Um Computador por Aluno
UFC	Universidade Federal do Ceará

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>A Engenharia Didática de Segunda Geração: Fundamentos e Etapas.....</b>	<b>24</b>
2.1.1	Definição de Sequências Didáticas.....	26
2.1.2	Análise Preliminar.....	27
2.1.3	Concepção e Análise <i>a priori</i> .....	29
2.1.4	Experimentação.....	30
2.1.5	Análise <i>a posteriori</i> e validação.....	31
<b>2.2</b>	<b>A Teoria das Situações Didáticas .....</b>	<b>33</b>
2.2.1	Situação Didática, Situação Adidática e suas Fases.....	34
2.2.2	Contrato Didático, Devolução e Institucionalização.....	35
2.2.3	Transposição Didática.....	36
<b>2.3</b>	<b>Tecnologias Digitais, Robótica Educacional e Cultura <i>Maker</i> na Educação.....</b>	<b>37</b>
2.3.1	Cultura <i>Maker</i> e Construcionismo.....	37
2.3.2	Fabricação Digital e Modelagem 3D.....	38
2.3.3	Robótica Educacional.....	39
<b>2.4</b>	<b>Pensamento Computacional e sua Relevância no ensino de Geometria.....</b>	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>CAMPO EPISTÊMICO-MATEMÁTICO E TECNOLÓGICO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NO CONTEXTO DA CULTURA <i>MAKER</i> E ROBÓTICA EDUCACIONAL.....</b>	<b>43</b>
3.1	Geometria: epistemologia, desafios e contexto educacional.....	44
3.2	Modelagem digital, impressão 3D e indústria 4.0 no contexto educacional.....	52
3.3	Arduino: Contextualização, componentes e aplicações educacionais.....	55
3.4	Programação: Fundamentos e aplicações no ensino.....	59
3.5	Kits de Robótica Educacional: uma análise das tecnologias e da prática pedagógica.....	62
<b>4</b>	<b>UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA: O ESTUDO DE SITUAÇÕES ENVOLVENDO CULTURA <i>MAKER</i>, FABRICAÇÃO DIGITAL E ROBÓTICA EDUCACIONAL.....</b>	<b>64</b>

<b>4.1</b>	<b>Concepções das Situações Didáticas.....</b>	<b>64</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise <i>a priori</i> das Situações Didáticas.....</b>	<b>66</b>
4.2.1	Concepção da Sequência Didática 1: Modelagem do <i>Chassi</i> do Protótipo no <i>Tinkercad</i> .....	67
4.2.2	Concepção da Sequência Didática 2: Montagem do Protótipo Móvel Autônomo (PMA).....	70
4.2.3	Concepção da Sequência Didática 3: Programação do Protótipo Móvel Autônomo (PMA).....	72
<b>4.3</b>	<b>Experimentação.....</b>	<b>74</b>
<b>5</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS .....</b>	<b>76</b>
<b>5.1</b>	<b>Análise <i>a Posteriori</i> e Validação Interna da Pesquisa.....</b>	<b>76</b>
5.1.1	Validação da Situação didática 1 .....	77
5.1.2	Validação da Situação didática 2.....	86
5.1.3	Validação da Situação didática 3.....	94
<b>5.2</b>	<b>Análise dos questionários (pré-teste) e (pós-teste).....</b>	<b>102</b>
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>154</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>158</b>
	<b>APÊNDICE A - SITUAÇÃO DIDÁTICA 1 - MODELAGEM DO CHASSI NO TINKERCAD.....</b>	<b>167</b>
	<b>APÊNDICE B - SEQUÊNCIA DIDÁTICA 2 - MONTAGEM DO PMA.....</b>	<b>171</b>
	<b>APÊNDICE C - SEQUÊNCIA DIDÁTICA 3 - PROGRAMAÇÃO DO PMA.....</b>	<b>176</b>
	<b>APÊNDICE D - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP/UFC.....</b>	<b>181</b>
	<b>APÊNDICE E - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....</b>	<b>185</b>
	<b>APÊNDICE F - QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO (PRÉ- TESTE).....</b>	<b>187</b>
	<b>APÊNDICE G - QUESTIONÁRIO FINAL (PÓS - TESTE).....</b>	<b>206</b>
	<b>APÊNDICE H – MATERIAL DE DIVULGAÇÃO DO CURSO.....</b>	<b>216</b>
	<b>ANEXO A - CARTA DE APRECIAÇÃO DE PROJETO AO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA.....</b>	<b>221</b>
	<b>ANEXO B – DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA.....</b>	<b>222</b>

<b>ANEXO C – FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS.....</b>	<b>223</b>
<b>ANEXO D – AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL À REALIZAÇÃO DE PROJETO DE PESQUISA.....</b>	<b>224</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Blikstein, Valente e Moura (2020), a Cultura *Maker* permite incentivar a criação, a prototipagem e a resolução de problemas por meio de ferramentas tecnológicas e práticas colaborativas, enquanto o construcionismo de Papert (1981) enfatiza a aprendizagem através da construção e manipulação prática, ambas cruciais para o desenvolvimento profissional docente.

Nesse contexto, a Fabricação Digital consiste no uso de tecnologias controladas por computador, como impressoras 3D e cortadoras a *laser*, para criar objetos físicos a partir de modelos digitais. Esses processos, democratizam a produção, permitindo que indivíduos criem objetos personalizados e sob demanda, mesmo fora do ambiente industrial (Gershenfeld, 2012; Schwab, 2016).

Diante dessas possibilidades, os desafios no ensino de Matemática, como a falta de motivação e a dificuldade de aplicação prática, são agravados por abordagens expositivas descontextualizadas. A Cultura *Maker* e a Fabricação Digital surgem como alternativas promissoras, pois favorecem o desenvolvimento do PC, uma habilidade essencial no século XXI que envolve a decomposição de tarefas complexas, o reconhecimento de padrões e a criação de algoritmos.

Nesse sentido, esta pesquisa considera as políticas públicas nacionais e locais que abordam essas temáticas, destacando a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996 e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2018. Esses documentos enfatizam a importância do fazer, do criar e do investigar como estratégias educacionais, alinhando-se aos princípios da Cultura *Maker* e da Fabricação Digital.

Essas políticas são essenciais para superar os desafios evidenciados por indicadores educacionais, como o Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) e o Sistema Permanente de Avaliação da Educação Básica do Ceará (SPAEC). Ambos apontam lacunas significativas no ensino de Matemática, especialmente no eixo de Geometria. No contexto cearense, o SPAEC tem sido fundamental para diagnosticar essas fragilidades e orientar ações pedagógicas que promovam a melhoria da qualidade educacional.

Diante desse cenário, esta pesquisa integra *kits* de Robótica Educacional, Fabricação Digital e plataformas de programação visual no desenvolvimento de uma Sequência Didática para o ensino de Geometria. Para Gavassa (2020), esse processo favorece a construção do conhecimento, tornando-se uma estratégia eficaz para transformar práticas pedagógicas e potencializar o ensino de conceitos matemáticos.

Alguns estudos que se seguem, indicam que a Cultura *Maker* e a Fabricação Digital favorecem a aprendizagem Matemática, proporcionando ensino mais contextualizado e interativo. Essas abordagens contribuem para o desenvolvimento de competências docentes e para a criação de materiais didáticos inovadores, transformando a prática pedagógica em sala de aula.

Sobre as pesquisas relacionadas com a temática abordada na pesquisa, temos o trabalho de Silva, Silva e Silva (2018) que aborda a Cultura *Maker* e sua aplicação na educação, especificamente no 6º ano do ensino Fundamental/integral do Sesc Ler Goiana. Nesse sentido, o estudo relata experiências práticas que estimulam a criatividade e o trabalho colaborativo, alinhadas às demandas atuais. O relato apresenta exemplos de projetos desenvolvidos pelos estudantes, destacando a importância da Cultura *Maker* para promover uma educação mais contextualizada. No entanto, é importante mencionar que essa pesquisa se concentra em um contexto específico e não aborda outras iniciativas relacionadas à integração da Cultura *Maker* na educação.

Já com os estudos de Souza, Santos e Castro (2021), percebe-se a abordagem do tema dos *kits* educacionais de robótica no ensino de Matemática, apresentando um panorama das pesquisas realizadas no Brasil sobre o assunto. O artigo fornece considerações sobre a importância da formação docente, a necessidade de estratégias pedagógicas adequadas e a integração desses *kits* educacionais no currículo escolar.

Por outro lado, Zanatta (2012) traz uma pesquisa intitulada "Análise de uma Abordagem Construcionista no Processo ensino-aprendizagem de Conceitos Físicos e Matemáticos com o Uso da Robótica Educacional" que tem como objetivo investigar o impacto da abordagem construcionista no ensino de conceitos físicos e matemáticos por meio da utilização da Robótica Educacional.

O estudo analisa a aplicação prática dessa abordagem em um contexto específico, explorando como a construção de robôs e a resolução de problemas concretos podem favorecer a compreensão dos conceitos abstratos das disciplinas mencionadas. O autor realiza uma análise dos resultados obtidos a partir da implementação dessa abordagem, avaliando o desempenho dos alunos, suas atitudes em relação ao ensino e sua capacidade de aplicar os conhecimentos adquiridos em diferentes contextos.

No entanto, a pesquisa contribui para a compreensão dos benefícios e desafios do uso da Robótica Educacional como uma abordagem construcionista no ensino de conceitos físicos e matemáticos. No seguinte trabalho, o autor apresenta um relato de experiência sobre um projeto baseado nos princípios do movimento *maker* para a criação de um *kit* de robótica. O

material foi construído por meio de técnicas de impressão 3D e programado a partir da plataforma Arduino.

Diante desse contexto, é fundamental analisar de forma mais aprofundada as políticas públicas nacionais e locais, bem como os argumentos embasados em documentos oficiais, estatísticas e pesquisas, a fim de identificar as lacunas e oportunidades na incorporação da Cultura *Maker* e Fabricação Digital, visando aprimorar a prática educativa e proporcionar uma educação Matemática mais ativa.

Ao longo do tempo, a Cultura *Maker* evoluiu tanto teoricamente quanto legalmente. Teorias e práticas têm se aprimorado para abranger diferentes perspectivas e estratégias educacionais. Soster, Almeida e Silva (2020) destacam que a educação *Maker*, com seu foco na aprendizagem ativa e no desenvolvimento de habilidades do século XXI, tem evoluído como uma abordagem pedagógica eficaz.

A pesquisa é de grande importância tanto do ponto de vista pessoal como social. O interesse pessoal do pesquisador foi despertado ao ingressar no magistério em 2010 e participar ativamente do projeto Um Computador por Aluno (UCA), onde teve a oportunidade de receber formação continuada e aprimorar suas práticas pedagógicas com o uso de tecnologias educacionais. Essa experiência despertou seu interesse pela área de tecnologias educacionais, levando-o a buscar aprimoramento e participar de formações adicionais, como a formação em Robótica Educacional em 2015.

Ao longo de sua trajetória profissional, o pesquisador teve a oportunidade de atuar como formador do programa UCA da prefeitura de Fortaleza, contribuindo para a formação de outros professores da rede municipal. Segundo o estudo realizado por do Nascimento *et al.* (2011), o programa UCA visa promover a integração das tecnologias de informação e comunicação na educação, proporcionando formação contínua aos docentes para o uso adequado dessas ferramentas. Essa experiência permitiu ao pesquisador adquirir conhecimentos relevantes e aprimorar suas práticas pedagógicas.

Com a conquista de uma posição efetiva como professor na rede municipal de Fortaleza no ano seguinte, o pesquisador passou a lecionar em uma escola de tempo integral, onde teve a oportunidade de utilizar tecnologias de forma mais significativa em sua prática pedagógica. A escola contava com recursos como Laboratório de Informática Móvel, *Kit* de Robótica Educacional da *Lego*, Sala de inovação e lousa digital, porém, percebeu-se que esses recursos estavam subutilizados há um longo período.

Observando que esses recursos tecnológicos não estavam sendo utilizados de maneira adequada devido ao seu subaproveitamento, e motivado por seu conhecimento na utilização

desses materiais, o pesquisador decidiu revitalizar o equipamento com o apoio da gestão escolar e incorporá-lo às aulas de Matemática e às aulas de Robótica Educacional no horário das disciplinas eletivas. Essas ações resultaram em conquistas significativas, como a participação em torneios de robótica, exposições e feiras de ciências, onde constatou que outras escolas possuíam equipamentos semelhantes que não eram utilizados de forma efetiva.

Além disso, o pesquisador participou de editais de boas práticas lançados pela prefeitura de Fortaleza, que visavam incentivar os professores a apresentarem projetos para aquisição de materiais que incrementassem suas práticas pedagógicas. Em 2019, seu projeto intitulado "Matemática com Robôs", que permitia o ensino de matemática por meio de circuitos eletrônicos e Arduino, foi aceito.

Posteriormente, em 2023, novamente obteve êxito no edital, sendo contemplado com a aquisição de *kits Makey Makey*, que permitem o ensino interdisciplinar de Matemática e Artes com programação em blocos utilizando o *Scratch*. Além disso, em parceria com a professora de Ciências, um outro projeto intitulado "Imprimindo Ciências" foi aceito, possibilitando a aquisição de impressoras 3D para a confecção de modelos que auxiliam no ensino de ciências. Essa proposta busca favorecer práticas interdisciplinares mediadas por tecnologias digitais, como discutido por Abreu *et al.* (2023) em sua análise sobre a criação de materiais educacionais que integram diferentes áreas do conhecimento.

Ao final de 2023, o pesquisador participou do processo seletivo para o cargo de coordenador pedagógico, sendo posteriormente nomeado para atuar em uma escola municipal de Fortaleza, voltada ao ensino Fundamental – Anos Finais.

No ano seguinte, como já discutido em Abreu *et al.* (2024b), a prefeitura de Fortaleza implantou o Laboratório *Maker* e abriu seleção para que as escolas pudessem se inscrever para receber o equipamento. O pesquisador participou da elaboração e submeteu o projeto, que foi aceito. O laboratório conta com impressora 3D, cortadora a *laser*, *plotter*, *kit* de Robótica Educacional, além de ferramentas manuais, em consonância com o movimento de implantação desses espaços na rede municipal por meio de edital público e formação de professores para o uso das novas tecnologias.

Diante desse cenário, este estudo se mostra especialmente relevante para as escolas da rede municipal de Fortaleza, ao oferecer subsídios para a utilização dos laboratórios *Maker*, contribuindo na formação, capacitação e orientação de professores e gestores para explorarem de forma mais efetiva o potencial desses recursos.

Nesse contexto, a pesquisa também contribui para a formação continuada de professores, para centros de inovação educacional e para a comunidade acadêmica. Seus

resultados oferecem fundamentos teóricos e metodológicos que fortalecem práticas pedagógicas contextualizadas e apoiam o desenvolvimento de políticas públicas voltadas à integração das tecnologias digitais no ensino.

Além de contribuir para a integração efetiva desses espaços no cotidiano escolar, a pesquisa propõe estratégias didáticas que articulam conceitos de Geometria, Robótica Educacional e Cultura *Maker*. Do ponto de vista científico, o estudo colabora para o avanço das investigações no campo da Didática da Matemática e da Formação Docente, ao propor práticas formativas que ampliam as possibilidades pedagógicas no ensino de Matemática, sobretudo no eixo da Geometria, por meio de recursos tecnológicos e metodologias ativas.

Justifica-se a realização desta pesquisa pela crescente inserção da Cultura *Maker* e da Robótica Educacional como estratégias pedagógicas significativas no ensino de Matemática, capazes de promover aprendizagens mais ativas, porém embora essas abordagens venham sendo amplamente difundidas, verifica-se uma lacuna na literatura acadêmica no que se refere à aplicação efetiva desses recursos no ensino de Geometria, sobretudo no contexto da formação continuada de professores e à criação de Sequência Didática alinhadas à Teoria das Situações Didáticas (TSD).

Além disso, há escassez de propostas didáticas que articulem essas tecnologias emergentes aos pressupostos da TSD, reconhecida por sua contribuição no campo da Didática da Matemática. Assim, é pertinente a necessidade de investigar e propor caminhos metodológicos que integrem Cultura *Maker*, Robótica Educacional e ensino de Geometria, contribuindo para a qualificação da prática docente e para a ampliação das possibilidades didáticas na formação de professores da rede pública.

No entanto Brousseau (1986) propõe, que a TSD enfatiza a importância de situações de aprendizagem em que os alunos constroem conhecimento por meio da resolução de problemas, com o professor atuando como mediador. Além disso, a Engenharia Didática de Segunda Geração (ED2), desenvolvida por Artigue *et al.* (1995), oferece um arcabouço metodológico robusto para a criação e análise de Sequência Didática, integrando a formação de professores como parte essencial do processo.

Diante disso, surge a questão norteadora desta pesquisa: Como a integração da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional, sob uma abordagem construcionista e alinhada à TSD, pode promover práticas pedagógicas contextualizadas no ensino de Geometria nos anos finais do ensino Fundamental?

Assim, o objetivo geral deste trabalho é investigar, na perspectiva da Engenharia Didática (ED), como a Cultura *Maker*, a Fabricação Digital e a Robótica Educacional, sob

uma abordagem construcionista e alinhada à TSD, podem promover práticas pedagógicas contextualizadas no ensino de Geometria nos anos finais do ensino Fundamental.

Portanto, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

1. Analisar uma Sequência Didática para o ensino de Geometria, utilizando Cultura *Maker*, Fabricação Digital e Robótica Educacional, com base na abordagem construcionista e na Teoria das Situações Didáticas.
2. Avaliar as percepções dos professores em relação ao uso da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional no ensino de Geometria.
3. Elaborar o Produto Educacional Tecnológico, na forma do *site* educacional “Imprimindo Robôs”, contendo uma Sequência Didática e recursos pedagógicos para o ensino de Geometria com Cultura *Maker*, Fabricação Digital e Robótica Educacional.

Neste trabalho, adotam-se como referenciais metodológicos a ED e a TSD, amplamente reconhecidas no campo da pesquisa e do ensino de Matemática. As duas teorias são integradas para fundamentar o desenvolvimento e a análise das situações didáticas propostas, destacando suas articulações e implicações na prática de ensino que envolve Cultura *Maker*, Fabricação Digital e Robótica Educacional.

Assim, apresentam-se o percurso metodológico e a aplicação das fases da ED, que compreendem a fundamentação teórica, a experimentação e a análise dos dados gerados durante sua implementação.

Esta pesquisa foi desenvolvida no contexto de um curso de formação continuada, realizado no Centro de Excelência em Políticas Educacionais, vinculado a uma universidade pública federal. O curso foi destinado a professores da educação básica, de diferentes níveis e áreas (Matemática, Ciências, Geografia, Física, Química, entre outras), e teve como foco a integração da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional ao ensino de Geometria. Como Produto Educacional, foi desenvolvido o *site* “Imprimindo Robôs”, que reúne a Sequência Didática, roteiros, tutoriais e arquivos necessários para apoiar a aplicação das atividades na prática docente.

Diante dos objetivos propostos, este trabalho está estruturado em seis seções, além desta introdução. A Seção 2 apresenta o referencial teórico e metodológico que fundamenta a pesquisa, abordando os princípios da ED2, da TSD, além das discussões sobre Cultura *Maker*, Robótica Educacional, Fabricação Digital e suas implicações no ensino de Geometria.

A Seção 3 inicia-se com as análises preliminares que discute os fundamentos epistemológicos e tecnológicos que sustentam a proposta, com foco na Geometria, na

modelagem 3D, na programação, nos *kits* de Robótica Educacional e na Indústria 4.0 no contexto educacional. Na Seção 4, é descrito o desenvolvimento do curso de formação, as características dos participantes, o delineamento das situações didáticas, bem como o Produto Educacional criado, o *site* “Imprimindo Robôs”, que sistematiza os materiais e a sequência elaborada.

A Seção 5 apresenta a análise e discussão dos dados, estruturada a partir da análise *a posteriori* das situações didáticas e da análise dos questionários pré e pós-teste. Por fim, a Seção 6 traz as considerações finais, evidenciando as contribuições da pesquisa, suas limitações, bem como sugestões para trabalhos futuros.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLÓGICO

Esta seção tem por objetivo apresentar os alicerces teóricos e o desenho metodológico que fundamentam este estudo, articulando o referencial da ED2, a TSD e as inovações trazidas pelas tecnologias digitais, pela Robótica Educacional e pela Cultura *Maker* ao ensino de Geometria.

Na primeira parte, serão detalhados os pressupostos da ED2, iniciando pela definição de Sequência Didática, passando pelas quatro etapas que constituem seu ciclo de investigação, desde a análise preliminar, em que se debruça sobre o objeto de estudo e os obstáculos epistemológicos, até a validação interna e externa, em que se confrontam hipóteses e evidências de sala de aula.

Em seguida, exploraremos a TSD, com ênfase na definição de situação didática e adidática, nas fases de ação, formulação, validação e institucionalização, e nos mecanismos do contrato didático, da devolução e da institucionalização do saber, elementos centrais para compreender as dinâmicas de interação entre aluno, professor e saber matemático.

Por fim, examinaremos como as ferramentas da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional, combinadas ao PC, oferecem novas possibilidades para tornar o ensino de Geometria mais ativo, concreto e interdisciplinar.

Nesse contexto, torna-se essencial discutir os fundamentos construcionistas da Cultura *Maker*, os recursos de modelagem 3D, impressão digital e as plataformas de Robótica Educacional e de que maneira estes ambientes potencializam a aprendizagem de conceitos geométricos. Juntos, esses três eixos teórico-metodológicos estabelecem o campo de pesquisa no qual esta pesquisa se apoia, norteando a elaboração, a realização e a análise da Sequência Didática aqui investigada.

## 2.1 A Engenharia Didática de Segunda Geração: Fundamentos e Etapas

A ED emergiu na França, na década de 1980, no âmbito da Didática da Matemática. Essa metodologia, desenvolvida inicialmente para reestruturar o ensino da Matemática, nasceu em um período de forte interesse pelo trinômio clássico: professor-aluno-saber. Artigue (1988) compara a ED ao trabalho de um engenheiro que, para realizar um projeto, se apoia em conhecimentos científicos de seu domínio, aceita submeter-se a um controle de tipo científico, mas, ao mesmo tempo, é obrigado a trabalhar com objetos mais complexos que os objetos depurados da ciência. O professor, nesse papel de engenheiro, deve planejar as situações didáticas para que os alunos compreendam os conteúdos matemáticos.

A ED é reconhecida como uma metodologia de pesquisa qualitativa, com a função de conceber, realizar, observar e analisar situações didáticas. Ela se organiza em dois campos: a macroengenharia, que considera aspectos gerais do estudo, e a microengenharia, que foca em eventos pontuais e observáveis na pesquisa (Artigue *et al.*, 1995).

A ED é dividida em quatro fases inter-relacionadas: análises preliminares, concepção e análise *a priori*, experimentação, e análise *a posteriori* e validação. Essas etapas articulam-se de forma cíclica e contínua, conforme ilustrado na Figura 1, que sintetiza graficamente o processo metodológico da ED em diálogo com os fundamentos da TSD.

Figura 1 – Etapas da Engenharia Didática



Fonte: Fernandes, Alves e Souza (2021, p. 113).

Na etapa de análises preliminares ou prévias, busca-se realizar uma análise epistemológica dos conteúdos, observar o ensino tradicional e seus efeitos, e estudar as concepções dos estudantes, bem como as dificuldades e os obstáculos que marcam sua

evolução. Almouloud (2007) destaca que essa fase é essencial para detectar problemas de ensino e aprendizagem do objeto de estudo, delineando perguntas, hipóteses e a fundamentação teórica e metodológica da pesquisa.

Nela, são estudados a gênese histórica do saber, o ensino usual, as condições para a construção didática e os objetivos específicos da pesquisa, além de análises curriculares e de livros didáticos. As análises preliminares devem considerar três dimensões: epistemológica (saber em jogo), cognitiva (características dos discentes) e didática (características do sistema de ensino).

A dimensão epistemológica analisa a origem e o desenvolvimento matemático, diferenciando o saber científico do que se pretende ensinar. A dimensão cognitiva foca nas concepções preliminares dos alunos, e a didática aborda os elementos interligados a essas dimensões. Os obstáculos epistemológicos, que podem surgir na constituição do conhecimento, são importantes para a compreensão do processo histórico e evolutivo. (Almouloud; Coutinho, 2008)

A fase de concepção e análise *a priori* envolve a escolha e manipulação das variáveis didáticas, que podem ser macrodidáticas (globais, relativas à organização geral da engenharia) ou microdidáticas (locais, relativas à organização de uma sessão ou fase da pesquisa). Nesta fase, o pesquisador/professor elabora situações-problema e conjectura os comportamentos dos alunos, buscando controlá-los. Almouloud (2007) enfatiza a importância dessa análise *a priori* para o sucesso da situação-problema, permitindo ao professor controlar as atividades dos alunos e identificar fatos observados.

Segundo Almouloud e Coutinho (2008), a experimentação é a fase de realização das situações-problema elaboradas, baseadas na TSD. Nesse momento, o "dispositivo construído" é colocado em funcionamento, permitindo ajustes se necessário. Esta etapa não segue a dinâmica de uma aula tradicional, sendo voltada para a coleta de dados dos alunos para analisar o ensino-aprendizagem. A coleta de dados pode utilizar relatórios, registros fotográficos, produções dos alunos, questionários e entrevistas. É fundamental a obtenção do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) dos participantes.

Por fim, a análise *a posteriori* e validação consiste na análise minuciosa dos dados coletados durante a experimentação, confrontando-os com as análises *a priori* para validar as hipóteses de investigação. Existem dois tipos de validação: interna e externa. A validação interna, singular da ED, articula as análises preliminares e *a priori* com *a posteriori*, focando na adequação das condutas e produções dos alunos ao esperado. A validação externa compara

os resultados com produções de estudantes não participantes ou utiliza questionários e entrevistas externas (Artigue *et al.*, 1995).

Em síntese, a ED oferece um quadro metodológico rigoroso para planejar, realizar e analisar situações de ensino, estruturando o trabalho docente em fases interdependentes que permitem antecipar desafios, propor intervenções fundamentadas e avaliar os resultados de forma crítica e reflexiva. Para concretizar esse planejamento, torna-se essencial compreender o conceito de Sequência Didática, que serve como unidade organizadora das atividades de ensino. Na próxima subseção, será apresentada essa definição, destacando seu papel central na articulação entre os objetivos pedagógicos e as práticas em sala de aula.

### 2.1.1 Definição de Sequências Didáticas

As Sequências Didáticas podem ser compreendidas como um conjunto de atividades ordenadas e articuladas de forma sistemática, com intencionalidade pedagógica explícita, organizadas para alcançar objetivos educacionais específicos e possibilitar ao aluno a reconstrução de conceitos por meio de interações, explorações e formalizações (Zabala, 1998; Cabral, 2017). Funcionam como um instrumento de planejamento que orienta o ensino em etapas progressivas, permitindo ao professor prever dificuldades, selecionar estratégias e avaliar resultados de maneira reflexiva, assegurando uma direção clara para o desenvolvimento das aulas.

No contexto da Engenharia Didática, a Sequência Didática pode ser utilizada como um recorte metodológico que organiza um conjunto de situações didáticas a serem analisadas ao longo das diferentes fases da pesquisa — análise preliminar, análise *a priori*, experimentação e análise *a posteriori* (Artigue *et al.*, 1995). Nesse caso, a Sequência Didática não constitui o objetivo final da ED, mas atua como um instrumento para o estudo e a validação de hipóteses sobre o ensino e aprendizagem de determinados conteúdos, permitindo uma articulação coerente entre teoria e prática no processo investigativo.

Em diálogo com a TSD, a sequência inclui episódios específicos em que o aluno é colocado diante de problemas ou tarefas desafiadoras, favorecendo a construção de saberes em interação com o professor e com o contrato didático (Brousseau, 1986). Esses aspectos serão aprofundados nas seções seguintes, nas quais se discutirá como as situações didáticas se constituem em unidades fundamentais no interior da Sequência Didática, conferindo-lhes significado, dinamismo e intencionalidade formativa (Artigue *et al.*, 1995).

Dessa forma, na perspectiva integrada adotada nesta pesquisa, a Sequência Didática é planejada com o suporte metodológico da ED, que organiza o processo em fases claras e

articuladas, ao mesmo tempo em que incorpora os princípios da TSD para assegurar que cada atividade seja construída de modo a engajar os alunos na resolução de problemas e na exploração ativa de conceitos. Nesse sentido, a próxima seção abordará a Análise Preliminar, primeira etapa da ED, na qual se delineiam os objetos de estudo e se antecipam os desafios epistemológicos e didáticos do ensino de Geometria.

### 2.1.2 Análise preliminar

A análise preliminar constitui uma etapa essencial no desenvolvimento de pesquisas baseadas no método da ED. Essa fase inicial tem como principal objetivo investigar, de maneira aprofundada, o objeto de estudo e o contexto no qual a prática educativa será inserida, permitindo ao pesquisador organizar as futuras intervenções didáticas de modo fundamentado.

Para isso, realiza-se um levantamento bibliográfico direcionado ao conteúdo a ser abordado, bem como uma reflexão sobre as condições de ensino existentes, as concepções dos estudantes, suas dificuldades e os obstáculos que podem surgir no processo de aprendizagem. (Artigue, 1988; Almouloud, 2007).

Segundo Artigue (1988) esta fase, deve ser analisada de acordo com três dimensões: a epistemologia, sendo esta associada ao saber em jogo; a cognição relacionada com as características dos discentes que serão analisados; e a didática relacionada com as características do sistema de ensino.

De acordo com Almouloud (2016), essa análise envolve não apenas o estudo do conteúdo matemático em si, mas também uma avaliação epistemológica e didática, considerando o ensino vigente, os efeitos produzidos pelas abordagens adotadas e as dificuldades enfrentadas pelos estudantes em determinados contextos educativos. Essa investigação prévia permite ao pesquisador fundamentar suas escolhas didáticas e estabelecer hipóteses para a fase de análise *a priori*, o que torna esse momento determinante para a construção das situações didáticas e para o planejamento das intervenções pedagógicas.

A importância dessa fase reside na necessidade de se compreender não apenas o conceito matemático a ser trabalhado, mas também os fatores didáticos e cognitivos que influenciam o aprendizado.

Como destaca Almouloud (2007), a análise preliminar contempla a revisão de produções acadêmicas relacionadas ao objeto de estudo e às condições do ambiente onde ocorrerá a pesquisa, além de uma reflexão sobre os aspectos históricos e epistemológicos do conteúdo a ser ensinado e dos efeitos que esse conhecimento pode gerar no contexto

educativo. Esse processo permite ao pesquisador antecipar eventuais obstáculos e dificuldades, possibilitando a adaptação da proposta didática às reais condições do ambiente escolar.

Os obstáculos identificados nesse processo são concebidos a partir da antecipação das situações de aprendizagem e da idealização de como os estudantes poderão reagir às propostas apresentadas. Dos Santos e Alves (2017) ressaltam que esses obstáculos, ao serem identificados previamente, assumem um papel relevante na pesquisa voltada para o ensino de Matemática, pois permitem ao professor-pesquisador organizar intervenções mais eficazes e adequadas à realidade dos estudantes.

Assim, torna-se indispensável refletir sobre as origens desses obstáculos, suas causas epistemológicas e as implicações didáticas que podem gerar durante a implementação da Sequência Didática.

Nesse sentido, a epistemologia desempenha papel fundamental, sendo entendida como a teoria do conhecimento que investiga a constituição dos saberes científicos, suas causas históricas, sua estruturação mental e suas formas de apropriação pelos sujeitos (Almouloud, 2007).

A partir dessa perspectiva, a análise epistemológica dos conhecimentos matemáticos visa compreender a trajetória histórica dos conceitos, valorizando a forma como foram construídos e organizados ao longo do tempo. Isso permite ao pesquisador estabelecer relações entre o conhecimento científico e o conhecimento escolar, identificando as adaptações e transposições didáticas necessárias para o ensino efetivo desses conteúdos.

Almouloud (2007) enfatiza que essa análise possibilita identificar as diferentes concepções atribuídas a um determinado objeto matemático, agrupando-as em categorias que auxiliam na análise didática e no controle das variáveis que interferem no processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, o pesquisador em Didática da Matemática pode compreender melhor as relações estabelecidas entre os conceitos matemáticos e as dificuldades dos estudantes, organizando sua prática de forma mais consciente e fundamentada.

Ainda dentro da Didática da Matemática, a análise epistemológica contribui para distinguir o saber científico, construído ao longo da história da Matemática, do saber escolar, que se pretende ensinar nas instituições de ensino. Dos Santos e Alves (2017) aponta que esse distanciamento precisa ser reconhecido e considerado no planejamento didático, pois a forma como o conhecimento foi historicamente constituído nem sempre se apresenta compatível com as abordagens escolares e com as possibilidades cognitivas dos estudantes.

Assim, torna-se necessário repensar as práticas pedagógicas e planejar as situações didáticas considerando tanto os aspectos epistemológicos quanto os obstáculos didáticos e cognitivos que emergem do contexto educativo.

Além disso, a análise preliminar contempla o levantamento dos conhecimentos prévios dos estudantes, os quais, segundo Almouloud (2007), devem ser cuidadosamente considerados, uma vez que influenciam diretamente a maneira como os alunos se apropriam dos novos conteúdos e constroem significados para os conceitos matemáticos.

Dessa forma, a análise preliminar cumpre um papel essencial ao permitir que o professor-pesquisador compreenda o contexto, os conhecimentos prévios e as dificuldades mais recorrentes dos estudantes, criando as bases para um planejamento didático mais sensível e fundamentado. Esse olhar atento e reflexivo sobre o objeto de ensino e sobre o público-alvo é o que possibilita, na fase seguinte, elaborar hipóteses pedagógicas e antecipar estratégias adequadas, aspectos que serão explorados a seguir.

### 2.1.3 Concepção e análise *a priori*

A análise *a priori* constitui uma etapa descritiva, preditiva e fundamental no processo metodológico da ED. Nela, a partir da análise preliminar e das decisões tomadas anteriormente, o pesquisador define as variáveis didáticas e concebe o roteiro da situação didática, estabelecendo suas expectativas sobre os comportamentos dos estudantes e os possíveis desdobramentos do fenômeno didático.

Nesse contexto, trata-se de uma etapa em que o pesquisador busca antecipar o comportamento dos alunos frente às situações de ensino, considerando os obstáculos cognitivos e epistemológicos previamente identificados. Segundo Artigue (1988), esse processo requer a definição cuidadosa das variáveis didáticas sob controle do pesquisador, que orientam o desenvolvimento da sequência de forma organizada e intencional.

Essas variáveis, sejam locais ou globais, vinculam-se ao sistema didático que articula as relações entre professor, aluno e saber, sendo fundamentais para planejar as situações e intervenções. Assim, ao construir a sequência, é imprescindível prever problemas e desafios que mobilizem os conhecimentos prévios dos estudantes, favorecendo o enfrentamento de obstáculos didáticos ou conceituais.

Cidrão e Alves (2020) reforçam que o professor-pesquisador deve planejar uma sequência de situações didáticas cuidadosamente organizadas, definindo variáveis didáticas e objetivos conceituais, de modo que os alunos possam mobilizar conhecimentos, tomar decisões e validar soluções no processo de aprendizagem.

Essas situações devem ser pensadas para provocar momentos de ruptura e reflexão, criando a oportunidade de vivenciar dificuldades e construir soluções, mesmo que parciais, como destaca Brousseau (1986), ao conceber o ambiente didático como um espaço onde o erro possui valor formativo e investigativo.

Contudo, a análise *a priori* permite prever não apenas os conteúdos a serem abordados, mas também os caminhos cognitivos que os estudantes podem percorrer, considerando suas concepções espontâneas, pré-construídas e suas dificuldades mais comuns.

Como destaca Almouloud (2007), essa etapa possibilita ao pesquisador antecipar os possíveis comportamentos dos estudantes, elaborar estratégias de intervenção e preparar o ambiente didático de modo a favorecer a mobilização de saberes e a superação dos obstáculos previstos. Dessa forma, a análise *a priori* cumpre função estratégica ao estruturar o percurso da sequência didática e subsidiar as decisões pedagógicas.

Com esse planejamento fundamentado, o professor-pesquisador orienta suas intervenções de forma intencional e reflexiva, criando condições mais favoráveis para o ensino e a aprendizagem. Esse trabalho prévio serve de base para a etapa seguinte na qual as hipóteses elaboradas e as estratégias definidas são colocadas em prática e analisadas em situação real de ensino.

#### 2.1.4 Experimentação

A fase de experimentação representa o momento de realização das situações-problema concebidas e planejadas na análise *a priori*. É durante essa etapa que o pesquisador observa a materialização das hipóteses formuladas e realiza a coleta sistemática de dados, que poderão ser utilizados posteriormente na análise *a posteriori*.

Como define Artigue (1988), a experimentação exige a explicitação dos objetivos e das condições de realização da pesquisa, a seleção da população estudantil participante e o estabelecimento do contrato didático, além da aplicação do instrumento de pesquisa e do registro rigoroso das observações.

Almouloud e Coutinho (2008) relatam que esta fase é o momento de colocar em funcionamento todo o dispositivo construído, corrigindo-o se necessário, quando as análises locais do desenvolvimento experimental identificam essa necessidade, o que implica em um retorno à análise *a priori*, em um processo de complementação.

Nesse processo, o pesquisador precisa conhecer o ambiente e suas particularidades, estabelecendo um contrato didático claro, que organize as regras de funcionamento da atividade, limitando interferências explícitas e evitando a condução direta das respostas.

Especificamente, Brousseau (1986) alerta para a importância de preservar a autonomia dos estudantes no enfrentamento das situações-problema, permitindo que experimentem hipóteses, cometam erros e reorganizem suas estratégias. A intervenção do professor-pesquisador deve, nesse momento, limitar-se à gestão da situação didática, assegurando o bom andamento das atividades e a fidelidade às condições propostas.

A coleta de dados durante a experimentação pode ocorrer por meio de diferentes instrumentos, como gravações, registros escritos, filmagens e entrevistas. Esses registros são fundamentais para reconstruir os processos cognitivos e didáticos vivenciados pelos estudantes. Artigue (1988) e Almouloud (2007) destacam que a diversidade e o rigor na coleta permitem uma análise mais completa e fundamentada das práticas de ensino.

Dessa forma, é essencial que a coleta seja criteriosa e diversificada, assegurando a captura das múltiplas dimensões da atividade didática e oferecendo subsídios robustos para a etapa seguinte. Esses dados servirão de base para a análise *a posteriori* e validação, momento em que o pesquisador confronta as hipóteses planejadas com os resultados observados, buscando compreender em profundidade a eficácia das intervenções e o aprendizado dos estudantes.

### 2.1.5 Análise *a Posteriori* e Validação

Encerrada a experimentação, inicia-se a fase de análise *a posteriori*, que consiste no tratamento e interpretação dos dados coletados durante a experimentação. Essa etapa é decisiva, pois permite confrontar as expectativas formuladas na análise *a priori* com os resultados efetivamente obtidos na prática, possibilitando a validação ou revisão das hipóteses inicialmente concebidas.

De acordo com Artigue (1988), a análise *a posteriori* caracteriza-se pela organização e sistematização dos registros e informações obtidas, complementados, quando necessário, por entrevistas ou questionários aplicados em momentos estratégicos ao longo do processo de ensino.

Nessa fase, os dados recolhidos são analisados em diálogo com as previsões da análise *a priori*, de modo a identificar em que condições as questões propostas foram resolvidas, quais obstáculos se confirmaram e quais comportamentos ou estratégias não previstas emergiram.

Artigue (1988) ressalta que esse momento é de suma importância para compreender a eficácia das situações didáticas elaboradas, bem como para reconhecer a pertinência ou necessidade de ajustes no planejamento pedagógico. Ao sistematizar os dados, o pesquisador

obtém subsídios para interpretar o desenvolvimento conceitual dos estudantes e suas relações com o conteúdo matemático trabalhado.

A validação, por sua vez, consiste em comparar os resultados obtidos com as hipóteses elaboradas, verificando a coerência e a correspondência entre o que foi previsto e o que efetivamente ocorreu. Essa verificação é fundamental para atestar a validade interna da pesquisa, uma vez que os resultados analisados se referem ao contexto específico da experiência realizada (Artigue, 1988).

A ED permite dois tipos de validação: externa e interna. A primeira envolve uma descrição genérica da classe ou das condutas e tipos de produção majoritárias na classe, estudo de sua evolução e verificação de sua adequação no que concerne ao esperado dos estudantes (Artigue, 1995).

Na segunda, Alves (2016) relata que existe uma comparação das produções dos estudantes antes ou ao longo da realização, ou ainda após experimentação em sala, o que pode ocorrer por meio de entrevistas individuais ou em grupo, bem como por meio de questionários. E, também, por meio da comparação de produções externas, envolvendo outros alunos não submetidos à mesma sequência estruturada de ensino.

Almouloud (2007), ressalta que a validação não se restringe à confirmação de hipóteses, mas inclui também a compreensão dos desvios, das dificuldades não previstas e das soluções alternativas elaboradas pelos estudantes. Esses elementos, muitas vezes, oferecem pistas valiosas para a reelaboração de futuras Sequência Didática e para o aprimoramento das práticas pedagógicas em contextos semelhantes.

Portanto, a análise *a posteriori* e a validação constituem etapas essenciais da Engenharia Didática, pois permitem avaliar de forma criteriosa a eficácia das situações didáticas propostas e interpretar os processos cognitivos mobilizados pelos estudantes. Essa reflexão sistemática sobre os dados coletados possibilita ao pesquisador revisar suas hipóteses, aperfeiçoar as estratégias didáticas e garantir maior coerência entre o planejamento inicial e os resultados obtidos em sala de aula, conforme destacam Artigue (1995) e Almouloud (2007).

Assim, ao promover uma compreensão mais profunda sobre o ensino e a aprendizagem de Matemática, essas etapas contribuem para o aprimoramento das práticas pedagógicas e para o avanço da Didática como campo de investigação. Essa perspectiva de análise será ampliada na próxima seção, ao explorarmos a Teoria das Situações Didáticas como referencial que fundamenta a elaboração e o desenvolvimento da Sequência Didática.

## 2.2. Teoria das Situações Didáticas

A Teoria das Situações Didáticas (TSD) foi desenvolvida por Guy Brousseau como um modelo teórico para compreender e analisar como se dá a produção de conhecimento matemático em contexto escolar. Ela busca refletir sobre a forma como o conteúdo pode ser estruturado e apresentado aos estudantes, para que o ensino tenha sentido e relevância em sua aprendizagem. Segundo Almouloud (2007), o objeto central de estudo na TSD não é o sujeito isolado, mas a situação didática, caracterizada pelas interações entre professor, aluno e o saber matemático em um contexto específico de aprendizagem.

Nessa perspectiva, o ensino é visto como um processo intencional em que o professor organiza condições que possibilitam ao aluno mobilizar conhecimentos prévios, enfrentar novos problemas e reconstruir significados. Um aspecto central é o *meio (milieu)*, que corresponde ao conjunto de recursos, desafios, feedbacks e condições estruturadas pelo professor para provocar nos alunos a necessidade de adaptação e superação de obstáculos. O *meio* não substitui o saber, mas constitui o ambiente no qual o aluno interage para construir esse saber, por meio de um jogo de ações, feedbacks e validações.

Almouloud (2007) apresenta algumas hipóteses centrais da TSD: o aluno aprende ao se adaptar a um *milieu* que introduz dificuldades e contradições; o *milieu* precisa ser intencionalmente planejado para possibilitar a aprendizagem matemática; ele deve engajar saberes específicos e provocar reorganizações cognitivas; e, por fim, o ato de conhecer envolve superar obstáculos conceituais e transformar compreensões anteriores. Nessa dinâmica, o aluno se coloca como pesquisador do problema, elaborando estratégias, testando conjecturas e validando resultados de forma autônoma, em um processo que simula a própria atividade matemática.

Outra concepção importante é a de aprendizagem por adaptação, discutida por Brousseau (1986), que dialoga com a teoria piagetiana dos esquemas de assimilação e acomodação. Ao enfrentar um problema novo, o aluno é levado a reorganizar seus conhecimentos prévios, superando limites e construindo novas compreensões. Assim, uma situação didática se caracteriza pelo conjunto de interações pedagógicas em que o professor propõe um problema e devolve ao aluno a responsabilidade de construir soluções, apoiado por um *meio* cuidadosamente estruturado para esse fim.

Nesta pesquisa, adota-se essa concepção de situação didática como referência para o planejamento das atividades de ensino, buscando criar ambientes de aprendizagem que favoreçam a resolução de problemas, estimulem a autonomia e garantam a mobilização de saberes matemáticos de forma significativa e contextualizada. Para compreender melhor essas

interações e o papel do professor e do aluno, a próxima subseção apresentará a diferença entre situação didática e situação adidática, bem como as fases que estruturam esse processo.

### **2.2.1 Situação Didática, Situação Adidática e suas Fases**

Uma situação didática, segundo Brousseau (1986), é definida como o conjunto de interações entre professor, aluno e saber matemático, organizado em um ambiente de ensino intencionalmente estruturado. Nesse contexto, o professor propõe problemas e configura o meio para criar desafios e desequilíbrios cognitivos, levando o aluno a refletir, testar estratégias e mobilizar seus conhecimentos para resolver as questões apresentadas. Almouloud (2007) enfatiza que a situação didática se caracteriza por esse jogo de interações planejadas, no qual o professor realiza a devolução, provocando questionamentos e incentivando o desenvolvimento autônomo do estudante.

Um elemento importante são as situações adidáticas, momentos planejados em que o professor se afasta como fonte direta de informação, permitindo ao aluno assumir maior responsabilidade na busca por soluções. Nessas circunstâncias, o estudante explora o problema, valida hipóteses e desenvolve estratégias próprias, enquanto o meio oferece retroações que orientam e desafiam suas escolhas. Brousseau (1986) destaca que essas situações são fundamentais para promover a autonomia do aluno, criando condições para que ele enfrente obstáculos e reorganize seus esquemas de conhecimento.

No contexto desta pesquisa, as situações didáticas constituem unidades específicas que integram a sequência didática, funcionando como etapas articuladas que estruturam o planejamento de ensino. Almouloud (2007) explica que a sequência didática organiza o conjunto de atividades ao longo de um percurso mais amplo, enquanto cada situação didática corresponde a um momento planejado para provocar aprendizagens por meio da resolução de problemas e da interação entre professor, aluno e meio. Essa distinção permite planejar intervenções intencionais que articulem os objetivos pedagógicos às necessidades cognitivas dos estudantes, garantindo maior coerência ao processo formativo.

Para analisar o processo de aprendizagem em Matemática, a Teoria das Situações Didáticas propõe a decomposição das interações em quatro fases distintas, nas quais o saber assume funções diferentes e o aluno estabelece relações variadas com esse conhecimento. Segundo Brousseau (1986), essas fases — ação, formulação, validação e institucionalização — organizam o desenvolvimento da situação didática de modo a favorecer a construção do saber.

As fases da situação didática, segundo Brousseau (2008), são:

- Fase de Ação: Nessa etapa, os alunos interagem com o meio, realizando testes, simulações e experimentações. As decisões são tomadas de forma autônoma, sem intervenção direta do professor, e muitas vezes sem a necessidade de explicitação formal dos procedimentos.
- Fase de Formulação: Os alunos verbalizam, registram e compartilham suas estratégias, procedimentos e conjecturas. Esse momento é marcado pela comunicação, em que os estudantes tentam explicar e justificar suas ações, transformando o que antes era uma ação prática em uma formulação mais estruturada.
- Fase de Validação: Nesta etapa, os estudantes submetem suas formulações à prova, buscando garantir sua validade Matemática. Isso envolve verificar procedimentos, identificar erros, defender argumentos e, quando necessário, reformular estratégias. Esse processo ocorre tanto no diálogo entre os próprios alunos quanto no confronto com o meio.
- Fase de Institucionalização: É o momento em que o professor retoma o controle da situação, formalizando o conhecimento que emergiu. O saber é, então, reconhecido como válido no contexto matemático escolar, consolidando-se como um novo elemento no repertório dos alunos.

Em síntese, compreender essas quatro fases propostas por Brousseau é essencial para planejar situações didáticas que promovam a autonomia, a reflexão e o engajamento dos alunos na construção do saber matemático. Na próxima seção, será abordado o conceito de Contrato Didático, bem como os mecanismos de devolução e institucionalização, elementos igualmente centrais na organização e condução das interações didáticas.

### 2.2.2 Contrato Didático, Devolução e Institucionalização

O conceito de contrato didático é central para compreender as dinâmicas estabelecidas entre professor e aluno durante o processo de ensino e aprendizagem. Trata-se de uma relação que define responsabilidades e expectativas mútuas, baseadas em regras e acordos, muitas vezes implícitos, que se consolidam ao longo das atividades em sala de aula. Segundo Pais (2002), essa noção ajuda a entender o fenômeno educacional em seu aspecto mais específico, reconhecendo que o cotidiano escolar é marcado por imprevistos que podem dificultar o cumprimento dos objetivos planejados.

Vale ressaltar que o contrato didático não é fixo: pode se ajustar às necessidades da situação, mas também se romper quando o aluno não participa da resolução dos problemas ou surgem imprevistos. Nesse contexto, a devolução funciona como um mecanismo importante, transferindo ao aluno a responsabilidade pela resolução e incentivando sua autonomia.

Compreender esses aspectos é essencial para planejar situações didáticas que favoreçam o engajamento e para analisar, na validação da Engenharia Didática, o alcance dos objetivos propostos.

A institucionalização, além de ser uma das fases da situação didática, também representa um elemento de gestão do contrato didático. É quando o professor explicita o saber matemático que foi alvo da situação, conferindo-lhe um status formal no contexto escolar. Esse momento garante que os alunos não apenas solucionem um problema específico, mas também compreendam o conceito de forma generalizada, transponível para outros contextos (Brousseau, 2008).

Em síntese, compreender o contrato didático, a devolução e a institucionalização é fundamental para organizar as responsabilidades no processo de ensino e garantir a formalização do saber matemático. Essa base conceitual prepara a discussão sobre a transposição didática, que trata da adaptação dos conhecimentos para torná-los ensináveis no contexto escolar.

### 2.2.3 A Transposição Didática

Embora não faça parte diretamente da TSD, o conceito de Transposição Didática, desenvolvido inicialmente por Verret (1975) e ampliado por Chevallard (1991), é complementar para entender como o saber matemático é transformado ao ser introduzido no contexto escolar. A transposição didática é o conjunto de processos que transforma um saber produzido pela comunidade científica em um saber ensinável e, posteriormente, ensinado. Isso envolve adaptações, simplificações, escolhas curriculares e a incorporação de mediações didáticas adequadas ao público-alvo.

Chevallard (1991) distingue três tipos de saberes nesse processo:

- Saber Sábio: O conhecimento produzido pela comunidade científica.
- Saber a Ensinar: O saber adaptado, estruturado pedagogicamente para ser trabalhado na escola.
- Saber Ensinado: O saber efetivamente transmitido na sala de aula, fruto das interações entre professor, alunos, currículo e contexto.

De modo geral, a transposição didática permite compreender como o saber sábio é transformado em saber ensinável e efetivamente ensinado. No contexto desta pesquisa, esse processo orienta a integração de conceitos geométricos com Cultura *Maker*, Robótica Educacional e Fabricação Digital, tema que será explorado no próximo tópico.

## 2.3 Tecnologias Digitais, Robótica Educacional e Cultura *Maker* na Educação

A integração entre Cultura *Maker*, Fabricação Digital e Robótica Educacional fundamenta-se no construcionismo de Papert (1981), que defende que a aprendizagem ocorre de forma mais efetiva quando os sujeitos constroem artefatos significativos.

No ensino de Geometria, essa perspectiva favorece a mobilização de conceitos como área, perímetro, proporção e relações espaciais, permitindo que os alunos experimentem, testem e materializem conhecimentos matemáticos por meio da criação de objetos físicos e digitais (Santos; Nacarato, 2021).

A utilização de ferramentas como impressão 3D, corte a *laser*, modelagem 3D e *kits* de robótica amplia as possibilidades de ensino, tornando o processo mais dinâmico, prático e contextualizado. Essas tecnologias, quando integradas a práticas pedagógicas ativas, promovem ambientes de aprendizagem colaborativos, criativos e orientados pela resolução de problemas, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento geométrico, do raciocínio lógico e do PC (Vercezi; Domres; Silva, 2023).

Dessa forma, integrar tecnologias digitais, práticas *maker* e Robótica Educacional ao ensino de Geometria amplia os recursos pedagógicos e torna a aprendizagem mais envolvente e alinhada às demandas atuais. Essa proposta também institui as bases para explorar, a seguir, os princípios do construcionismo e da Cultura *Maker*.

### 2.3.1 Cultura *Maker* e Construcionismo

O construcionismo, concebido por Papert (1981), emerge como uma extensão do construtivismo, defendendo que a aprendizagem se torna mais eficaz quando os alunos constroem artefatos que podem ser compartilhados, analisados e aperfeiçoados. No ensino de Geometria, esse princípio se traduz na construção de objetos que incorporam conceitos como formas, medidas, proporções e relações espaciais, permitindo que o aluno atue como agente na produção do saber matemático.

Paralelamente, a Cultura *Maker* operacionaliza esse princípio construcionista ao incorporar práticas de Fabricação Digital, prototipagem e desenvolvimento de projetos. Segundo Resnick (2020), esse movimento se fundamenta em uma aprendizagem baseada em projetos, na experimentação e na iteração, onde o erro não é visto como falha, mas como parte do processo de desenvolvimento e aperfeiçoamento de ideias. Essa lógica se articula diretamente com a construção do conhecimento geométrico, especialmente quando os alunos projetam e constroem modelos físicos e digitais que materializam conceitos matemáticos.

De acordo com Santos e Nacarato (2021), a Cultura *Maker* promove um ambiente onde os conceitos matemáticos emergem da necessidade de resolver problemas práticos. Isso permite que elementos da Geometria, como área, perímetro, simetria, escala e proporcionalidade, deixem de ser representações abstratas e passem a ser compreendidos no contexto da produção de objetos.

Além disso, ao analisar o papel das tecnologias no contexto educacional, Gondim *et al.* (2023) afirmam que a inserção de práticas *makers* na educação permite ressignificar o processo de ensino, aproximando os conteúdos matemáticos de situações reais e desafiadoras. Essa perspectiva ganha força quando aplicada à Geometria, já que a fabricação de objetos demanda necessariamente a mobilização de conhecimentos geométricos para garantir funcionalidade, precisão e coerência na construção.

Além disso, Gondim (2023) destaca que o desenvolvimento de projetos *maker* no ensino de Geometria, com atividades de modelagem e fabricação de objetos, potencializa o trabalho com habilidades espaciais e visuais. Ao envolver os estudantes em tarefas que exigem reconhecer, representar e planificar formas geométricas, essa abordagem favorece a compreensão de relações métricas e proporções, tornando o conteúdo mais acessível e relevante para o contexto escolar.

Portanto, a articulação entre essas abordagens não se limita ao uso de recursos tecnológicos, mas implica adotar uma proposta pedagógica que valorize a construção, a experimentação e a materialização como meios para aprofundar a compreensão dos conceitos geométricos. Essa visão estabelece as bases para discutir, a seguir, como a fabricação digital e a modelagem 3D podem potencializar esse processo no ensino de Matemática.

### 2.3.2. Fabricação Digital e Modelagem 3D

A Fabricação Digital, segundo Raabe e Gomes (2018), pode ser compreendida como um conjunto de tecnologias que, fundamentadas na abordagem construcionista de Papert (1981), permite aos alunos atuarem como protagonistas na construção de conhecimentos por meio da criação de artefatos físicos. Esses processos são viabilizados pela conversão de projetos digitais em objetos materiais, como explica Seely (2004).

No contexto educacional, a Fabricação Digital se articula diretamente à Cultura *Maker*, oferecendo ferramentas como a impressão 3D, o corte a *laser* e a *plotter* de recorte, que possibilitam aos estudantes a materialização de ideias e a exploração prática de conceitos matemáticos e geométricos. Para Gondim (2023), essas tecnologias promovem uma ponte

efetiva entre o pensamento abstrato e a concretização de projetos, tornando a Geometria uma ferramenta indispensável no desenvolvimento dessas atividades.

Segundo Lima, Lopes e Vieira (2024), a manipulação de objetos físicos, produzidos a partir desses modelos digitais, torna a aprendizagem mais interativa e favorece uma compreensão concreta dos conceitos espaciais. Na mesma direção, Lemke, Siple e Figueiredo (2016) destacam que a impressão 3D representa um avanço no ensino, especialmente pela capacidade de materializar formas geométricas e representar superfícies complexas, contribuindo para uma visualização mais clara e significativa dos conceitos matemáticos.

Softwares como o *Ultimaker Cura 5.0*, citado por Gondim (2023), exemplificam essa aplicação, permitindo que os estudantes realizem a fatiagem dos modelos digitais, configurem parâmetros e preparem os objetos para a impressão, transformando sólidos geométricos, como prismas e pirâmides, em artefatos físicos.

O corte a *laser*, por sua vez, destaca-se pela precisão e pela possibilidade de trabalhar com materiais diversos. Segundo Eychenne e Neves (2013), esse equipamento opera por meio de um feixe de *laser* que realiza cortes ou gravações a partir de arquivos vetoriais bidimensionais.

A utilização do *software Due Studio 4*, também mencionado por Gondim (2023), facilita a preparação dos arquivos para esse tipo de fabricação. De forma complementar, a *plotter* de recorte permite a produção de peças em materiais como vinil e papel, sendo amplamente utilizada para criar padrões, moldes e peças planificadas.

Portanto, a integração de ferramentas de Fabricação Digital e modelagem 3D ao ensino de Geometria não se restringe à oferta de recursos técnicos, mas, sim, à criação de oportunidades para que os discentes explorem conceitos matemáticos de maneira concreta. Esta proposta define uma base significativa para discutir, subsequentemente, as potencialidades da Robótica Educacional no desenvolvimento de habilidades matemáticas e no incentivo à resolução de problemas.

### 2.3.3 Robótica Educacional

A Robótica Educacional, conforme proposto por Angel-Fernandez e Vincze (2018), configura-se como um campo interdisciplinar voltado à melhoria da aprendizagem por meio da criação, implementação, avaliação e aperfeiçoamento de atividades pedagógicas, ferramentas e tecnologias, nas quais os robôs desempenham um papel ativo e as decisões são fundamentadas em métodos pedagógicos.

Esse campo emerge da interseção entre três áreas centrais: Educação, Robótica e Interação Humano-Computador (HCI). A Educação compreende os estudos voltados à promoção de experiências de aprendizagem significativas em todos os níveis. A Robótica fornece as plataformas tecnológicas, embora muitas tenham sido originalmente desenvolvidas para a pesquisa e não necessariamente com fins educacionais, o que pode limitar seu uso didático — situação conhecida como o problema da *caixa-preta*. Já a HCI contribui com o desenvolvimento de sistemas mais acessíveis e centrados no usuário, originando o subcampo da Interação Humano-Robô (HRI), que visa projetar robôs capazes de interações eficazes com os usuários em contextos educacionais.

Com base nessa concepção ampliada, os autores propõem a seguinte definição:

“A Robótica Educacional é um campo de estudo que visa aprimorar a experiência de aprendizagem das pessoas por meio da criação, implementação, melhoria e validação de atividades pedagógicas, ferramentas (como diretrizes e templates) e tecnologias, nas quais os robôs desempenham um papel ativo e os métodos pedagógicos orientam cada decisão.” (Angel-Fernandez; Vincze, 2018, p. 41)

Essa definição contempla diferentes formas de aplicação dos robôs na educação, organizadas em três categorias: (1) robôs como objeto de aprendizagem, com foco em conteúdos ligados à própria robótica, como inteligência artificial e visão computacional; (2) robôs como ferramenta de aprendizagem, utilizados para mediar o ensino de outras disciplinas, como Matemática e Ciências; e (3) robôs como apoio à aprendizagem, geralmente na forma de robôs sociais que interagem com os alunos em contextos colaborativos e comunicativos.

Além dessa perspectiva teórica, estudos como o de Abreu *et al.* (2024a) reforçam que a Robótica Educacional, quando integrada ao ensino de Geometria, favorece a transformação das práticas pedagógicas e o aumento do engajamento discente. Os autores, a partir de uma revisão sistemática da literatura, identificam que as linguagens de programação presentes nos kits robóticos contribuem para a compreensão de conceitos geométricos ao tornarem a aprendizagem mais concreta, interativa e contextualizada. No entanto, também destacam desafios importantes, como a carência de formação docente e a dificuldade de integração efetiva da robótica aos currículos escolares.

Nesse sentido, a Robótica Educacional se articula aos princípios do construcionismo ao promover a aprendizagem ativa por meio da experimentação, da resolução de problemas e da materialização de ideias. Para Lopes (2008), trata-se de um conjunto de recursos didáticos

que impulsionam o desenvolvimento científico e tecnológico, ao integrar atividades de construção de robôs e programação de sistemas automatizados.

Vercezi, Domres e Silva (2023) complementam essa visão ao apontar que tais atividades exigem dos estudantes o domínio de noções geométricas aplicadas à elaboração de trajetórias, análise de ângulos, cálculo de distâncias e definição de proporções, habilidades essenciais em projetos que envolvem veículos autônomos e mecanismos móveis.

A programação, elemento central da robótica, mediada por plataformas como o Arduino, segundo Prado e Morceli (2019), não tem como objetivo a formação de programadores, mas sim o desenvolvimento do PC. Esse processo estimula a organização lógica, a abstração e a capacidade de decompor problemas complexos em etapas operacionais, competências que se articulam diretamente com o raciocínio matemático e geométrico.

Além dos aspectos técnicos, a Robótica Educacional se insere também em práticas sustentáveis. Mill e César (2010) ressaltam que a robótica sustentável, baseada na reutilização de componentes e materiais recicláveis, contribui para tornar essa abordagem acessível a diferentes contextos educacionais. Essa prática, conforme discutem Prado e Morceli (2019), não só reduz custos, como também promove a consciência ambiental, ao incentivar o reaproveitamento de materiais eletrônicos e o descarte responsável.

Para Gondim *et al.* (2023), a integração entre robótica, Cultura *Maker* e Fabricação Digital transforma significativamente os ambientes de aprendizagem, tornando-os espaços colaborativos, criativos e orientados por projetos. A experiência dos laboratórios *FabLearn* exemplifica como essas práticas se consolidam como estratégias eficazes na articulação entre teoria e prática no ensino de Matemática, especialmente na Geometria.

Assim, a integração da Robótica Educacional, Cultura *Maker* e Fabricação Digital promove ambientes de aprendizagem colaborativos e criativos. Tal abordagem facilita a exploração estruturada e investigativa de conceitos geométricos, solidificando o papel do PC como estratégia complementar no desenvolvimento dessas competências.

#### **2.4. Pensamento Computacional e sua Relevância no Ensino de Geometria**

O PC constitui uma abordagem que mobiliza práticas e conceitos da Ciência da Computação no desenvolvimento de estratégias para compreender, modelar e resolver problemas (Brackmann, 2017). Embora tenha ganhado maior destaque após a publicação de Jeanette Wing (2008), que o descreve como uma forma de pensar fundamentada na lógica computacional, seu desenvolvimento teórico remonta às contribuições de Seymour Papert,

que já apontava, em *Mindstorms*, o potencial da programação como ferramenta para construção do conhecimento (Papert, 1981).

Papert (1981), ao propor a abordagem construcionista, defendeu que o aprendizado torna-se mais efetivo quando os alunos constroem artefatos que materializam suas ideias, permitindo que sejam compartilhadas, testadas e aperfeiçoadas. Essa concepção, como enfatiza Caratti (2023), está na base do PC, cuja aplicação transcende a programação e se configura como uma competência cognitiva para resolução de problemas em diferentes áreas.

De acordo com Brackmann (2017), o PC estrutura-se em quatro pilares centrais: decomposição, que consiste na divisão de problemas complexos em partes menores e mais manejáveis; reconhecimento de padrões, que permite identificar similaridades e regularidades em problemas ou dados; abstração, responsável por isolar os elementos essenciais do problema, descartando informações irrelevantes; e algoritmos, que são sequências ordenadas de passos necessários para alcançar uma solução.

Essa compreensão dialoga diretamente com as orientações da BNCC (Brasil, 2018), que defende a integração do PC desde os anos iniciais da educação básica, priorizando práticas como a formulação de algoritmos, a modelagem Matemática e a resolução de problemas (Brasil, 2018).

Na mesma perspectiva, Valente (2019) destaca que uma das competências fundamentais desenvolvidas por meio do PC é a capacidade de transformar problemas em algoritmos, possibilitando a automatização de soluções e a organização lógica do raciocínio.

No ensino de Geometria, a aplicação do PC ganha força à medida que os alunos são desafiados a programar robôs para traçar formas, calcular perímetros e áreas ou simular deslocamentos em um espaço. Contudo, como ressalta Caratti (2023), muitos docentes tendem a associar equivocadamente o PC apenas ao uso de tecnologias digitais, como redes sociais ou jogos, devido à presença do termo “computacional”.

Tal percepção evidencia a necessidade de esclarecer que o PC não se restringe ao uso de dispositivos, mas sim à capacidade de pensar de forma lógica e estruturada na resolução de problemas.

A construção de objetos geométricos, utilizando recursos como impressão 3D e corte a laser, ilustra claramente a aplicação dos pilares do PC. Segundo Eychenne e Neves (2013), essas tecnologias possibilitam que os estudantes projetem, decomponham e reconstruam formas tridimensionais, compreendendo suas propriedades e relações espaciais de maneira concreta.

Trabalhos como o de Gondim (2023) reforçam essa perspectiva, ao demonstrarem que o desenvolvimento de objetos físicos favorece não apenas a visualização, mas também a abstração e o entendimento das características geométricas envolvidas.

Além disso, projetos como o desenvolvimento de uma roda-gigante automatizada, apresentado por Vercezi, Domres e Silva (2023), ilustram de forma prática essa articulação. Tal atividade exige dos alunos a decomposição do projeto em etapas, a abstração dos elementos relevantes, o reconhecimento de padrões estruturais e, por fim, a criação de algoritmos que controlam motores e sensores.

Para a Sociedade Brasileira de Computação (SBC), o PC se consolida como uma das competências intelectuais essenciais na atualidade, equiparada à leitura, à escrita e à Matemática, sendo fundamental para descrever, compreender e modelar o mundo e seus processos.

Nesse sentido, a integração do pensamento computacional ao ensino de Geometria amplia as possibilidades pedagógicas ao favorecer uma compreensão mais aplicada dos conceitos matemáticos e o desenvolvimento de competências essenciais para a resolução de problemas. Essa abordagem consolida as bases necessárias para aprofundar a discussão sobre os fundamentos epistêmicos, matemáticos e tecnológicos que sustentam o ensino de Geometria no contexto da Cultura Maker e da Robótica Educacional.

### **3 CAMPO EPISTÊMICO-MATEMÁTICO E TECNOLÓGICO PARA O ENSINO DE GEOMETRIA NO CONTEXTO DA CULTURA *MAKER* E ROBÓTICA EDUCACIONAL**

A emergência de novas tecnologias digitais e a crescente valorização de abordagens interativas no ensino colocam em evidência a necessidade de repensar os campos de saberes mobilizados no processo educativo. Nesse cenário, o campo epistêmico-matemático e tecnológico configura-se como um espaço de articulação entre conhecimentos matemáticos, especialmente da Geometria, e os saberes tecnológicos mediados por dispositivos, linguagens computacionais e ferramentas digitais. Castro *et al.* (2023) destacam que a incorporação de tecnologias digitais no ensino da Matemática cria um ambiente propício para a integração de saberes formais e tecnológicos, favorecendo a construção de conhecimentos mais contextualizados e interativos.

Ao integrar a Cultura *Maker* e a Robótica Educacional, esse campo amplia as possibilidades didáticas, permitindo que conceitos geométricos sejam explorados de maneira prática. Como ressaltam Blikstein, Valente e Moura (2020), a convergência entre tecnologia

educacional e conteúdos matemáticos promove ambientes de aprendizagem mais dinâmicos e contextuais, ampliando a compreensão e aplicação dos conceitos geométricos em situações reais.

Assim, essa articulação favorece a ressignificação do ensino de Geometria, ao promover aprendizagens ativas baseadas na resolução de problemas concretos e na criação de artefatos, aproximando o estudante dos processos de construção, modelagem e abstração Matemática no mundo digital contemporâneo (Zilli, 2004).

Contudo, nesta seção, discute-se como esses elementos se articulam no ensino de Geometria, detalhando os conceitos matemáticos envolvidos, a modelagem de trajetórias, a construção de conhecimentos no ambiente *Maker* e a aplicação do PC.

### **3.1 Geometria: epistemologia, desafios e contexto educacional**

A Geometria ocupa um lugar central no currículo de Matemática do ensino Fundamental, sendo o campo responsável pelo estudo das formas, medidas e relações no espaço. Antes de propor intervenções didáticas contextualizadas, é necessário realizar uma análise preliminar que investigue de forma fundamentada sua natureza, características históricas, condições de ensino vigentes e os obstáculos que podem surgir no processo de aprendizagem. Artigue (1988) e Almouloud (2007) destacam essa etapa como essencial na Engenharia Didática, pois permite ao pesquisador compreender o objeto de estudo em profundidade e organizar situações didáticas de forma coerente e alinhada ao contexto escolar.

A origem etimológica da palavra *geometria* (geo = “terra”; metrein = “medir”) revela sua vinculação inicial às necessidades práticas de mensuração do espaço. Civilizações como egípcios e babilônios já aplicavam conhecimentos geométricos para resolver problemas de agricultura, construção e astronomia (Santos; Viglioni, 2011). A sistematização desse saber ocorreu de forma marcante com Euclides, por volta de 300 a.C., em *Os Elementos*, ao empregar o método axiomático para organizar definições, postulados e demonstrações. Esse marco consolidou a Geometria como ciência demonstrativa e forneceu fundamentos para o ensino escolar, estruturando o estudo de pontos, linhas, ângulos e figuras planas de forma cumulativa e coerente.

No contexto escolar, o saber geométrico resulta de um processo de transposição didática que transforma o conhecimento científico em um conteúdo acessível aos estudantes. Isso implica selecionar, organizar e apresentar conceitos como pontos, retas, planos, ângulos, congruência, semelhança e propriedades das figuras de modo coerente e progressivo,

respeitando os limites cognitivos dos alunos e os objetivos formativos do ensino (Almouloud, 2007).

Os conteúdos essenciais para o ensino de geometria incluem área, perímetro, ângulos, proporcionalidade, congruência, simetria, raciocínio espacial e visualização geométrica. Segundo a BNCC (Brasil, 2018), esses conceitos devem ser articulados de forma progressiva e contextualizada para possibilitar a compreensão e a resolução de problemas relacionados ao espaço e às formas. Pavanello (2009) destaca que o ensino de Geometria requer o desenvolvimento da capacidade de visualizar e representar objetos no espaço, organizando o conhecimento de modo coerente com as possibilidades cognitivas dos estudantes.

Além de estarem previstos nos documentos curriculares oficiais, os conteúdos geométricos constituem a base do campo epistêmico necessário para qualquer proposta didática que envolva resolução de problemas, modelagem digital ou construção de artefatos. Trabalhar esses conceitos de forma estruturada e significativa é essencial não apenas para a aprendizagem escolar, mas também para atender às demandas avaliativas previstas em matrizes de referência como a do Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB), que valoriza o desenvolvimento do raciocínio geométrico aplicado e contextualizado (Brasil, 2021).

Considerando esse panorama, é importante observar que a Geometria, desde seus fundamentos na Antiguidade com Euclides, evoluiu de uma ciência voltada à descrição de formas e medidas para um campo com aplicações em modelagem digital, computação gráfica e robótica. Atualmente, sua relevância se intensifica diante das exigências da Indústria 4.0, que demanda profissionais capazes de operar com modelagens tridimensionais, medidas precisas e representações espaciais complexas (Silva; Leocádio; Venanzi, 2021). Conceitos como área, perímetro, ângulos, proporcionalidade, simetria e rotação assumem, nesse contexto, papel central para a atuação em ambientes digitais e tecnológicos.

Segundo Pavanello (2009), a compreensão geométrica exige a capacidade de visualizar, representar e operar no espaço, habilidade frequentemente limitada por abordagens excessivamente abstratas e descontextualizadas, ainda predominantes no ensino tradicional. A literatura evidencia as limitações dessas práticas centradas na memorização e exposição teórica, destacando a eficácia de metodologias ativas, da Cultura *Maker* e do uso de tecnologias digitais como alternativas viáveis (Gondim *et al.*, 2023).

Além disso, são recorrentes entre os estudantes dificuldades como a confusão entre os conceitos de área e perímetro, a abstração excessiva de formas geométricas, a limitação no raciocínio espacial e a dificuldade na visualização de trajetórias e volumes. Esses obstáculos

comprometem a apropriação de noções fundamentais para a modelagem e representação do espaço, dificultando a aplicação prática do conhecimento geométrico (Weigand; Hollebrands; Maschietto, 2025). Para Pavanello (2009), essas dificuldades derivam, em grande parte, da ênfase em abordagens teóricas desprovidas de atividades que envolvam construção, manipulação e experimentação de formas geométricas no espaço.

Metodologias que integram práticas manuais, ambientes virtuais de modelagem, Fabricação Digital e Robótica Educacional mostram-se promissoras para superar tais entraves, por favorecerem o desenvolvimento da percepção espacial de forma concreta. No ambiente *Maker* e na Robótica Educacional, conceitos abstratos tornam-se tangíveis, como ao calcular o perímetro de um percurso que um robô deve percorrer, projetar peças em *softwares* como o *Tinkercad* ou programar movimentos e trajetórias com base em ângulos e distâncias. Essas práticas permitem que os estudantes visualizem, testem e corrijam suas ideias, consolidando o conhecimento geométrico de forma funcional e integrada a outras áreas do saber (Gondim *et al.*, 2023).

Os resultados de avaliações em larga escala reforçam essa necessidade de inovação. Segundo dados do SAEB (Brasil, 2021), os níveis de proficiência em Geometria mantêm-se consistentemente baixos, com médias insatisfatórias nos anos finais do ensino Fundamental e no ensino Médio (INEP, 2021). No Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA), o Brasil também figura entre os últimos colocados em itens relacionados à leitura e interpretação de informações espaciais e geométricas (OCDE, 2019). Esses indicadores evidenciam a urgência de metodologias que articulem teoria e prática e que incorporem tecnologias digitais e a Cultura *Maker* como recursos estratégicos para o ensino da Geometria.

A consolidação dos conceitos geométricos no ensino Fundamental exige a análise de conteúdos específicos que compõem esse campo, com destaque para aqueles que apresentam maior recorrência nas práticas escolares e nos instrumentos avaliativos. A seguir, serão abordados os principais conteúdos matemáticos relacionados à Geometria, com ênfase em suas aplicações e implicações para o ensino.

Área e Perímetro são conceitos centrais no estudo da Geometria, relacionados à medida de superfícies planas e do contorno de figuras, respectivamente. Ensinar esses conceitos de forma significativa requer ir além da memorização de fórmulas prontas, desenvolvendo a capacidade de decompor figuras, justificar relações e resolver problemas contextualizados (Almouloud, 2007; Gondim, 2023).

O perímetro do retângulo corresponde à soma das medidas dos lados. Para o retângulo, com lados  $b$  (base) e  $h$  (altura), a fórmula  $Perímetro = 2 \cdot (b + h)$  deriva da soma dos lados opostos congruentes. Essa relação deve ser trabalhada com atividades que incentivem a contagem estruturada e a interpretação de dimensões reais, como medições no espaço escolar (Santos, 2011).

A área do retângulo representa a medida da superfície interna da figura plana. A dedução parte da ideia de pavimentação com unidades quadradas: ao dispor  $b$  unidades na base e  $h$  na altura, obtém-se  $b \cdot h$  quadrados unitários. Assim,  $A = b \cdot h$  representa a contagem de unidades de área, aproximando o cálculo a experiências de planejamento de projetos (Gondim, 2023).

A área do triângulo. A fórmula  $A = \frac{b \cdot h}{2}$  pode ser justificada por decomposição, ao considerar o triângulo como metade de um paralelogramo ou retângulo com a mesma base e altura. Essa observação conecta o novo conceito a figuras já conhecidas e fortalece a compreensão dos estudantes.

O comprimento da circunferência relaciona-se à constante  $\pi$ (pi), definida como a razão entre o comprimento e o diâmetro em qualquer círculo. A fórmula  $A = 2 \cdot \pi \cdot r$  deriva de  $d = 2 \cdot r$ . Esse conhecimento deve ser apresentado com a relação entre experimentação e abstração matemática.

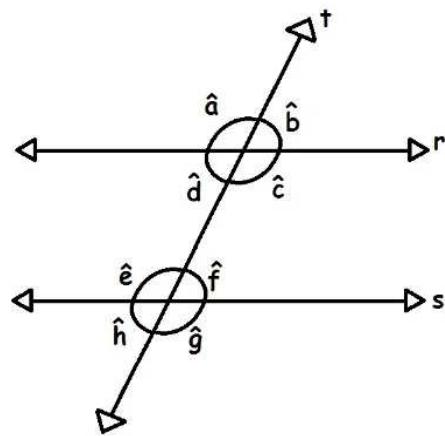
A área do círculo com fórmula  $A = \pi \cdot r^2$  pode ser explicada ao decompor o círculo em setores que, reorganizados, formam uma figura aproximada a um paralelogramo com base  $\pi \cdot r$  (metade do perímetro) e altura  $r$ . Essa visualização ajuda os estudantes a compreender a relação entre o perímetro e a área.

Essas fórmulas não são apenas técnicas de cálculo, mas expressões de propriedades geométricas fundamentais. A BNCC (Brasil, 2018), por meio da habilidade EF09MA14, orienta o trabalho com perímetro e área em diferentes contextos. As matrizes do SAEB (Brasil, 2021) incluem itens que requerem cálculos e interpretações aplicadas ao cotidiano, como delimitar terrenos ou analisar plantas baixas. Trabalhos como os de Gondim (2023) e Santos (2011) demonstram como atividades práticas e contextualizadas podem consolidar esses conceitos, aproximando o ensino de situações reais.

O estudo de ângulos e direções amplia a compreensão geométrica ao descrever aberturas, orientações e relações entre segmentos ou retas. Um ângulo representa a medida da abertura entre dois lados que se encontram em um ponto comum, sendo essencial para analisar formas, prever mudanças de direção e resolver problemas em trajetos ou construções.

Os ângulos podem ser classificados de acordo com sua medida em graus: retos ( $90^\circ$ ), agudos (menores que  $90^\circ$ ) ou obtusos (maiores que  $90^\circ$  e menores que  $180^\circ$ ). Também são importantes os conceitos de ângulos suplementares, complementares e opositos pelo vértice, além das relações que surgem quando retas paralelas são cortadas por uma transversal, permitindo identificar ângulos alternos internos, correspondentes e colaterais (ver Figura 2).

Figura 2: Ângulos formados por retas paralelas e transversal



Fonte: Adaptado de Ribeiro (2025).

O uso de instrumentos como o transferidor é fundamental para a medição e construção precisa de ângulos. O ensino deve explorar atividades práticas como medições no ambiente escolar, construção com dobraduras e uso de softwares ou imagens que ilustrem esses conceitos. Essas estratégias favorecem o desenvolvimento do raciocínio geométrico e a argumentação.

Silva Junior (2020) destaca a importância de conectar o estudo de ângulos ao cotidiano dos estudantes, sugerindo atividades que envolvam a observação de objetos reais, como portas, janelas ou os ponteiros de um relógio. Ao aproximar o conteúdo da realidade dos alunos, essas práticas tornam o ensino mais significativo, estimulando a interpretação e a aplicação dos conceitos geométricos em diferentes contextos.

A BNCC (Brasil, 2018), por meio da habilidade EF08MA17, orienta o trabalho para resolver e elaborar problemas que envolvam medidas de ângulos em diferentes situações. As matrizes de referência do SAEB (Brasil, 2021) incluem itens que exigem a identificação, classificação e cálculo de ângulos em figuras geométricas, plantas baixas e trajetórias, requerendo interpretação e uso de estratégias adequadas.

O estudo de Proporcionalidade e Escala amplia o entendimento geométrico ao permitir comparar grandezas, estabelecer relações constantes e resolver problemas que envolvem ampliação ou redução de dimensões. Proporcionalidade refere-se à manutenção de uma razão constante entre valores relacionados, conceito fundamental para compreender semelhança de figuras e construções geométricas precisas.

Para Conceição (2018), ao trabalhar com plantas baixas, desenhos técnicos e representações bidimensionais com escala, os estudantes desenvolvem uma percepção mais concreta sobre os conceitos de proporção e correspondência entre medidas. Essas práticas favorecem o raciocínio proporcional e a visualização geométrica, articulando conteúdos matemáticos com situações reais.

Essas competências são contempladas na BNCC (Brasil, 2018) por meio da habilidade EF07MA24, e as matrizes do SAEB (Brasil, 2021) incluem itens que exigem leitura e interpretação de plantas, mapas e desenhos técnicos com escala, além de cálculos com regras de três e proporções aplicadas ao cotidiano.

Nesse mesmo campo das relações métricas no plano, o estudo de Proporcionalidade e Escala amplia o entendimento geométrico ao permitir comparar grandezas, estabelecer relações constantes e resolver problemas que envolvem ampliação ou redução de dimensões. Proporcionalidade refere-se à manutenção de uma razão constante entre valores relacionados, conceito fundamental para compreender semelhança de figuras e construções geométricas precisas.

Esses conceitos são fundamentais para a resolução de problemas práticos e teóricos, como identificar elementos equivalentes em figuras planas, construir representações ampliadas ou reduzidas e compreender estruturas em escalas distintas. Além disso, o domínio da congruência e da semelhança favorece o entendimento das condições de existência de triângulos, das relações métricas e das propriedades dos polígonos regulares e irregulares.

Conceição (2018) observa que o trabalho com figuras semelhantes e congruentes deve ser pautado pela exploração de transformações geométricas, como translações, rotações e ampliações proporcionais, permitindo aos estudantes perceberem propriedades invariantes e desenvolverem o pensamento geométrico de forma argumentativa. Ao explorar essas transformações com o apoio de representações visuais e tecnológicas, como malhas quadriculadas ou *softwares* de geometria dinâmica, o ensino se torna mais significativo e aproxima os alunos dos processos próprios da investigação matemática escolar.

A BNCC (Brasil, 2018) orienta o ensino de congruência e semelhança por meio de habilidades como a EF07MA20 e a EF09MA13, que envolvem a comparação de medidas, o

reconhecimento de figuras e a resolução de problemas com base em propriedades geométricas. Esses conteúdos também são explorados nas matrizes do SAEB (Brasil, 2021), em itens que exigem análise de figuras, aplicação de critérios de semelhança e uso de proporcionalidade em contextos diversos.

Em continuidade a essas competências, o raciocínio espacial e a visualização geométrica constituem dimensões igualmente essenciais para a compreensão da Geometria no ensino Fundamental. Essas habilidades envolvem a capacidade de imaginar, representar e manipular mentalmente objetos e formas no espaço, o que permite aos estudantes interpretar perspectivas, reconhecer relações entre figuras e antecipar transformações como rotações, reflexões e translações.

A BNCC (Brasil, 2018), por meio da habilidade EF09MA12, propõe o uso de vistas ortogonais, projeções e representações tridimensionais como forma de estimular essas capacidades. Já as matrizes do SAEB (Brasil, 2021) incluem itens que exigem a análise de sólidos a partir de diferentes ângulos de visão, a identificação de composições espaciais e a interpretação de representações gráficas de ambientes reais ou simulados. Esses conteúdos aparecem associados a tarefas que vão desde a leitura de mapas e plantas até a resolução de problemas sobre objetos geométricos em perspectiva.

No ensino de Geometria, a formação do raciocínio espacial não deve ser tratada como um aspecto acessório, mas como parte central da aprendizagem. De acordo com Pavanello (2009), a visualização é um recurso cognitivo essencial para estruturar o pensamento geométrico, pois permite ao estudante organizar mentalmente figuras e estabelecer relações entre seus elementos.

Complementarmente, Almouloud (2007) afirma que a dificuldade em construir representações espaciais é um dos principais obstáculos cognitivos no ensino da Geometria, sendo necessário propor atividades que envolvam exploração concreta e manipulação de objetos em diferentes representações.

A capacidade de realizar medições e estimativas com precisão é essencial no cotidiano e ocupa lugar de destaque no ensino de Geometria. Compreender unidades de medida, converter entre múltiplos e submúltiplos e estimar resultados são habilidades que favorecem o pensamento matemático aplicado a diferentes contextos. No ensino Fundamental, esse eixo articula-se fortemente com a resolução de problemas práticos envolvendo comprimento, área, volume, ângulos e escalas.

A BNCC (Brasil, 2018) prevê o trabalho com essas competências ao longo de todos os anos finais, destacando habilidades como a EF06MA20, que propõe o uso de estratégias de

estimativa e cálculo para resolver problemas envolvendo grandezas, e a EF09MA14, que orienta o uso de fórmulas e estimativas para resolver problemas de perímetro e área. Nas matrizes do SAEB (Brasil, 2021), as questões frequentemente envolvem a interpretação de dados em tabelas, o uso de escalas, a leitura de plantas baixas, e o cálculo aproximado de medidas em diferentes sistemas de unidades.

Mais do que aplicar fórmulas, espera-se que os estudantes desenvolvam o senso de medida, aprendendo a fazer aproximações razoáveis, converter unidades e interpretar representações gráficas em contextos variados. Essas habilidades ampliam a compreensão do espaço e das grandezas envolvidas, além de favorecerem a resolução de problemas práticos com autonomia e criticidade.

Para que essa aprendizagem ocorra de forma consistente, é fundamental que os conteúdos sejam organizados de maneira lógica e progressiva, respeitando a estrutura conceitual da Geometria e as possibilidades cognitivas dos estudantes. A organização desse saber exige atenção à lógica interna da disciplina, fundamentada em definições, propriedades e relações dedutivas. Almouloud (2007) ressalta a importância de uma sequência coerente de conteúdos que evite lacunas conceituais, enquanto Chevallard (1991) enfatiza a necessidade de refletir sobre a transposição didática para adaptar o saber científico ao ensino escolar. A BNCC (Brasil, 2018) também aponta para a importância de uma progressão articulada ao longo das etapas de ensino.

Além disso, Heck e Kaiber (2020) destacam que a seleção e a organização dos conteúdos geométricos precisam considerar mais do que listas isoladas de conceitos. Sua análise epistêmica da BNCC (Brasil, 2018) mostra a necessidade de articular situações-problema, linguagem, regras, argumentos e relações para garantir a coerência interna do currículo. Observam, ainda, que muitas propostas curriculares locais tendem a fragmentar ou simplificar excessivamente os conteúdos, reduzindo a ênfase no estudo das propriedades e relações geométricas e priorizando apenas aspectos ligados a grandezas e medidas.

Wappler e Grando (2014) observam que, durante décadas, o ensino da geometria concentrou-se em ilustrar o caráter axiomático e dedutivo da matemática, acabando muitas vezes por se reduzir à aplicação mecânica de fórmulas. Segundo as autoras, essa abordagem tradicional negligencia a construção de significados, a exploração de propriedades e o desenvolvimento do raciocínio espacial, aspectos fundamentais para uma aprendizagem mais consistente e reflexiva.

Assim, é necessário superar abordagens baseadas apenas na memorização de definições e fórmulas, estruturando o ensino de geometria de forma progressiva, coerente e acessível. Essa reflexão preliminar permite identificar obstáculos e orientar escolhas didáticas mais adequadas ao desenvolvimento do raciocínio geométrico no ensino fundamental.

### **3.2 Modelagem digital, impressão 3D e indústria 4.0 no contexto educacional**

A chamada Indústria 4.0, caracterizada pela convergência entre tecnologias digitais, inteligência artificial, automação e fabricação avançada, vem transformando significativamente as formas de produzir, comunicar e interagir na sociedade contemporânea. Esse cenário impõe à educação o desafio de formar sujeitos capazes de lidar com a complexidade tecnológica e de transitar por diferentes áreas do conhecimento de forma integrada e prática. Nesse contexto, a Cultura *Maker* apresenta-se como uma estratégia pedagógica que fomenta a experimentação criativa em ambientes colaborativos e tecnologicamente mediados (Blikstein; Valente; Moura, 2020).

A incorporação de recursos como a modelagem digital e a impressão 3D ao ambiente escolar tem se mostrado eficaz para potencializar o desenvolvimento do raciocínio espacial e das habilidades geométricas, historicamente tratadas de forma abstrata e descontextualizada no ensino tradicional. Mathias, Wrzesinski e Bayer (2024) ressaltam que essas tecnologias favorecem a integração entre teoria e prática, possibilitando que conceitos matemáticos, antes restritos ao plano bidimensional do papel, sejam aplicados na criação de protótipos e objetos físicos, ampliando a compreensão espacial dos estudantes e o sentido atribuído aos conteúdos.

Entre as ferramentas de modelagem digital disponíveis, o *Tinkercad* destaca-se por ser uma plataforma gratuita, online e de interface intuitiva, especialmente adequada para o ensino básico e para iniciantes na área de modelagem 3D. Além de permitir a criação de projetos tridimensionais, o *software* é compatível com impressoras 3D e possibilita a simulação de circuitos eletrônicos, ampliando suas possibilidades de uso em atividades interdisciplinares que integrem Matemática, Física, Tecnologia e Robótica Educacional.(Mathias; Wrzesinski; Bayer, 2024).

No âmbito da Fabricação Digital, a tecnologia de manufatura aditiva, popularmente conhecida como impressão 3D, se configura como uma das bases tecnológicas centrais da Indústria 4.0 (Kunkel *et al.*, 2020). Entre seus processos, o *Fused Deposition Modeling* (FDM) é o mais comum e acessível, tanto no setor industrial quanto educacional. Esse método utiliza materiais termoplásticos fundidos, depositados em camadas sucessivas,

permitindo a criação de objetos com geometrias complexas de forma rápida, econômica e personalizável.

No contexto escolar, destaca-se o uso de três materiais principais: PLA, ABS e PETG. O ácido polilático (PLA), de origem vegetal e biodegradável, é o mais utilizado na educação devido à sua facilidade de impressão, baixa toxicidade e bom acabamento superficial. O ABS apresenta maior resistência mecânica e térmica, sendo indicado para peças mais robustas, embora exija mesa aquecida e ventilação adequada por emitir vapores durante a impressão. Já o PETG combina a resistência do ABS com a facilidade de impressão do PLA, oferecendo maior flexibilidade e durabilidade às peças impressas.

A escolha do material adequado influencia diretamente a segurança, a durabilidade e o desempenho das peças produzidas, aspectos relevantes para a aplicação pedagógica da impressão 3D em projetos escolares.

Para que o processo de impressão 3D ocorra, é necessário que o modelo digital tridimensional, geralmente salvo no formato *STL* (Standard Tessellation Language), seja convertido em um conjunto de instruções comprehensíveis pela impressora. Essa conversão é realizada por *softwares* denominados *slicers* (fatiadores), como o *Cura* e o *PrusaSlicer*, cuja principal função é transformar o modelo em um arquivo de texto chamado *G-Code*. Esse arquivo organiza e descreve, linha por linha, todos os comandos que a impressora deverá executar para construir fisicamente o objeto modelado.

O *G-Code* define diversos parâmetros fundamentais para a impressão, como a espessura de cada camada de material depositado, a velocidade de movimentação dos eixos da impressora, a temperatura do bico extrusor, responsável por derreter o filamento, e da mesa aquecida, que contribui para a fixação inicial do objeto. Também é possível configurar o padrão de preenchimento interno do modelo, conhecido como *infill*, que determina se a peça será sólida ou parcialmente oca, influenciando diretamente sua resistência e o tempo necessário para sua produção.

Outros ajustes relevantes envolvem a aderência à base de impressão e a inclusão de suportes temporários, utilizados para sustentar partes salientes ou suspensas do objeto. Conforme apontam Kunkel *et al.* (2020), a correta configuração desses parâmetros impacta diretamente na qualidade, estabilidade e precisão das peças produzidas, sendo um fator essencial para o êxito de práticas pedagógicas que utilizam a tecnologia FDM no contexto educacional.

A correta definição desses parâmetros impacta diretamente no resultado final e na viabilidade dos protótipos desenvolvidos em ambiente escolar. Como destacam Gondim *et al.*

(2023), a configuração adequada não apenas assegura a qualidade física das peças impressas, mas também propicia aos estudantes a compreensão prática de conceitos matemáticos e físicos, como volume, área de superfície, densidade e resistência estrutural, reforçando a articulação entre teoria e prática na aprendizagem de Geometria no contexto da Cultura *Maker*.

Além dos aspectos técnicos, a utilização do FDM no contexto educacional reforça a aprendizagem ativa ao permitir que os alunos explorem relações entre área, volume, proporção e simetria em objetos físicos que eles próprios projetaram. Essa prática é valorizada por Mathias, Wrzesinski e Bayer (2024), que relatam experiências com oficinas de modelagem e impressão 3D voltadas à visualização de sólidos geométricos, simulações de planificações e desafios espaciais. Os autores observam que tais atividades promovem o engajamento dos estudantes, desenvolvem habilidades matemáticas e contribuem para a contextualização do conteúdo escolar.

De uma perspectiva internacional, Sun e Li (2017) argumentam que a impressão 3D oferece uma solução eficaz para a visualização de conceitos matemáticos abstratos, como superfícies topológicas e seções espaciais complexas, superando as limitações das representações bidimensionais. Para esses autores, o uso de modelos físicos impressos em 3D estimula o interesse pela matemática, aprimora a compreensão espacial e favorece a interdisciplinaridade ao integrar matemática, tecnologia e computação.

No contexto das políticas educacionais brasileiras, a BNCC (Brasil, 2018) também aponta para a importância de integrar tecnologias digitais ao ensino. Entre as competências gerais, destacam-se o uso de tecnologias digitais de forma crítica e significativa (competência 5), o desenvolvimento do pensamento científico, crítico e criativo (competência 2) e a argumentação lógica (competência 4). No componente de Matemática, a habilidade EF09MA14 propõe que os estudantes estimem e calculem áreas e volumes de sólidos geométricos em contextos variados, uma habilidade plenamente desenvolvida por meio da modelagem e impressão de objetos tridimensionais.

Dessa forma, a inclusão da modelagem digital e da impressão 3D nas Sequências Didáticas propostas nesta pesquisa justifica-se por seu potencial de transformar o ensino de Geometria em uma experiência concreta, investigativa e alinhada às demandas contemporâneas. Além de responder aos desafios didáticos identificados nas práticas escolares tradicionais, essas tecnologias favorecem a autoria, a criatividade e a construção ativa do conhecimento matemático, princípios que orientam tanto o Construcionismo quanto a

Cultura *Maker*. A próxima seção abordará o uso de *kits* de robótica e placas programáveis, como o Arduino, como ferramentas complementares a esse processo formativo.

### 3.3 Arduino: Contextualização, componentes e aplicações educacionais

A robótica educacional tem se consolidado como uma estratégia pedagógica que articula múltiplas áreas do conhecimento e desenvolve competências como o pensamento crítico e o raciocínio lógico, conforme apontam Raabe e Gomes (2018). Essa abordagem torna-se ainda mais promissora quando integrada aos pressupostos da Cultura *Maker* e às exigências educacionais da Indústria 4.0, que demandam práticas de ensino voltadas à experimentação, à resolução de problemas e ao protagonismo estudantil.

Nesse cenário, o Arduino destaca-se como uma tecnologia acessível, baseada em *hardware* de código aberto, voltada à prototipagem eletrônica. Trata-se de uma plataforma composta por uma placa microcontroladora e um ambiente de programação próprio, o *Arduino IDE*, que permite o desenvolvimento de sistemas automatizados de forma prática e customizável. Sua compatibilidade com diversos sensores e atuadores possibilita a criação de dispositivos que reagem a estímulos físicos, como: luz, som ou distância, a partir de comandos programados, o que torna sua aplicação didática altamente relevante (Scherer; Silva; Oliveira, 2020).

A inserção do Arduino no ambiente escolar encontra respaldo não apenas na sua versatilidade, mas também na forma como ele complementa outras tecnologias educacionais previamente discutidas, como a modelagem digital e a impressão 3D. Por meio dessa integração, torna-se possível ampliar a funcionalidade dos objetos criados, incorporando-lhes movimento, resposta a estímulos e controle programável.

Criado em 2005 no *Interaction Design Institute Ivrea*, na Itália, por Massimo Banzi e David Cuartielles, o Arduino foi concebido como uma alternativa de baixo custo às plataformas utilizadas em cursos de engenharia e *design*. Desde então, disseminou-se globalmente, impulsionado por seu caráter *open source*, que permite a livre reprodução e modificação de seus componentes e códigos. Segundo El-Abd (2017), sua popularização se deve, em grande parte, à combinação entre simplicidade de uso, documentação abundante e suporte comunitário *online*, o que o torna acessível até mesmo a iniciantes sem formação técnica prévia.

Do ponto de vista técnico, a placa Arduino Uno, uma das versões mais utilizadas, é equipada com um microcontrolador da família *ATmega328P*, responsável por processar os comandos programados. Essa placa possui entradas digitais e analógicas que recebem sinais

provenientes de sensores, como sensores de distância ou de luminosidade, e saídas que controlam dispositivos como *LEDs*, motores e *buzzers*. A alimentação da placa pode ser feita via cabo USB ou fonte externa, o que a torna adequada tanto para testes em bancada quanto para dispositivos móveis. A linguagem utilizada no *Arduino IDE* é baseada em C/C++, com simplificações que facilitam sua aprendizagem por estudantes e professores do ensino básico (Scherer; Silva; Oliveira, 2020).

A lógica de funcionamento do Arduino segue o modelo clássico de sistemas embarcados: uma entrada capta um dado do ambiente (como um sensor de proximidade que detecta obstáculos), o microcontrolador processa esse dado conforme o código programado, e uma saída executa uma ação (como girar um motor ou acender uma luz). Essa estrutura favorece a compreensão dos princípios da automação, da lógica computacional e da Matemática aplicada, permitindo que conceitos como medida, proporção, simetria, ângulo, área e perímetro sejam explorados de forma concreta em atividades interdisciplinares.

Para Araújo e Castro Junior (2024), o uso do Arduino nas escolas promove ambientes de aprendizagem mais colaborativos e dinâmicos, em que os estudantes assumem papel ativo na construção do conhecimento. Essa perspectiva é compatível com os pressupostos do construcionismo de Seymour Papert, ao defender que o conhecimento se torna mais significativo quando construído por meio da manipulação de objetos concretos e da resolução de desafios práticos (Papert, 1981).

A possibilidade de adaptar o Arduino a diferentes contextos educacionais também se deve à variedade de componentes disponíveis, como protoboards (placas de ensaio), sensores de ultrassom, botões, resistores, jumpers e pontes H para controle de motores. Como salientam Scherer, Silva e Oliveira (2020), esses elementos são de fácil aquisição e montagem, e permitem a criação de circuitos básicos que simulam situações reais, como sistemas de segurança, veículos automatizados ou mecanismos de medição.

Além da placa microcontroladora, o funcionamento de projetos com Arduino em ambientes educacionais depende de uma variedade de componentes eletrônicos, cuja manipulação favorece o aprendizado por experimentação e a compreensão prática dos conteúdos trabalhados em sala de aula. Essa abordagem é coerente com os princípios do construcionismo, pois ao construir circuitos funcionais com suas próprias mãos, os estudantes atribuem significado aos conceitos envolvidos e constroem novos saberes em interação com o objeto físico (Araújo; Castro Junior, 2024).

Entre os itens comumente utilizados nesses projetos estão os sensores de ultrassom, capazes de medir distâncias com base na emissão e recepção de ondas sonoras; os sensores

infravermelhos, úteis para a detecção de obstáculos ou variações de cor; os botões, que servem como entradas digitais para controle manual; além de resistores, *jumpers* e *protoboards*, que viabilizam a montagem temporária de circuitos sem a necessidade de solda. De acordo com Scherer, Silva e Oliveira (2020), esses componentes são de fácil aquisição, possuem boa durabilidade e apresentam baixo custo, características que os tornam adequados para o uso em atividades pedagógicas na escola pública.

Outro componente central em projetos de automação educacional é a ponte H (L298N), responsável por controlar a direção e a velocidade de motores de corrente contínua. Ela funciona como um circuito intermediário entre o microcontrolador e os motores, permitindo que estes sejam acionados para frente ou para trás a partir dos comandos enviados pelo código. Essa possibilidade de controle bidirecional é fundamental para projetos como robôs móveis e carrinhos autônomos. Segundo Araújo e Castro Junior (2024), o uso da ponte H em atividades escolares contribui para a compreensão prática dos conceitos de tensão, corrente elétrica e polaridade, além de possibilitar experimentações com diferentes lógicas de movimentação.

A montagem dos circuitos eletrônicos, por sua vez, requer que os alunos interpretem esquemas, compreendam a polaridade dos componentes e organizem fisicamente os elementos em uma lógica funcional. Trata-se de uma atividade que mobiliza competências cognitivas importantes, como a leitura de representações técnicas e a organização espacial. Segundo Moreira *et al.* (2018), esse processo estimula o pensamento analítico e a autonomia dos estudantes, ao passo que proporciona um ambiente propício ao erro construtivo, aquele que gera aprendizagem a partir da tentativa e erro.

Essa articulação entre componentes físicos e elementos digitais, aliada à possibilidade de construção de protótipos interativos, é um dos fatores que explica o crescente interesse pelo Arduino no campo da educação. Como indicam Scherer, Silva e Oliveira (2020), o caráter aberto da plataforma e sua capacidade de integrar *hardware* e *software* em tarefas práticas favorecem o desenvolvimento de competências tecnológicas e científicas de forma contextualizada, contribuindo para a formação de sujeitos críticos e atuantes.

A escalabilidade da plataforma também merece destaque. Por ser compatível com uma ampla gama de componentes e permitir variações na complexidade dos projetos, o Arduino adapta-se aos diferentes níveis de ensino e aos perfis diversos dos estudantes. Para Moreira *et al.* (2018), essa característica facilita a personalização das atividades, permitindo que cada aluno avance conforme seu ritmo e nível de compreensão, o que é particularmente importante em turmas heterogêneas.

A despeito de seu reconhecido potencial pedagógico, a implementação do Arduino no contexto escolar enfrenta obstáculos significativos, que precisam ser cuidadosamente considerados para garantir que seu uso seja efetivo, contextualizado e alinhado às finalidades educativas. Um dos principais desafios amplamente relatados na literatura especializada é a formação docente insuficiente em áreas como automação, eletrônica básica e programação (Freitas Neto; Bertagnolli, 2021). Muitos professores da educação básica não tiveram acesso, em sua formação inicial, a conteúdos ou experiências que os preparassem para lidar com tecnologias digitais interativas e de prototipagem física.

De acordo com Perrenoud e Thurler (2009), a formação docente tradicional ainda opera sob uma lógica disciplinar e transmissiva, pouco voltada à resolução de problemas complexos e à construção de competências para o trabalho interdisciplinar. É necessário que o professor desenvolva competências relacionadas à gestão de projetos, à mediação de processos colaborativos e à avaliação formativa.

Freitas Neto e Bertagnolli (2021) reforçam essa análise ao evidenciarem que a preocupação com a formação docente para o uso da robótica educacional não é exclusiva do Brasil, mas também que, nos estudos revisados, há uma predominância de propostas que priorizam *kits* proprietários, desconsiderando a realidade de escolas públicas que não dispõem de recursos financeiros para adquiri-los.

Apesar dos desafios relacionados à formação docente, infraestrutura e organização escolar, o uso do Arduino, quando bem planejado e integrado ao currículo, tem demonstrado potencial para promover o desenvolvimento cognitivo, social e criativo dos estudantes. Experiências como oficinas, feiras e projetos interdisciplinares favorecem o engajamento e a ampliação das competências dos alunos (Gondim *et al.*, 2023). Essa perspectiva está em consonância com Perrenoud e Thurler (2009), ao afirmar que o ensino no século XXI deve priorizar a construção de competências complexas, a autonomia e a mobilização de saberes em situações concretas.

Conclui-se, portanto, que o Arduino se destaca como uma ferramenta educativa relevante ao integrar tecnologia, matemática e robótica por meio de projetos concretos e interdisciplinares. Sua aplicação no ensino de Geometria amplia as possibilidades das práticas com modelagem digital e impressão 3D, ao incorporar a lógica dos sistemas embarcados. Para que esses protótipos funcionem, é essencial compreender os fundamentos da programação, que atua como elemento central no controle e automação dos dispositivos. A seguir, discute-se o papel da programação no contexto educacional e suas contribuições para o desenvolvimento de competências cognitivas e matemáticas.

### 3.4 Programação: Fundamentos e aplicações no ensino

A inserção da programação no contexto educacional remonta à proposta da linguagem LOGO, desenvolvida por Seymour Papert (1981) no Massachusetts Institute of Technology (MIT), a partir de uma abordagem baseada na teoria construcionista. A LOGO foi pioneira ao permitir que os alunos programassem o deslocamento de uma tartaruga gráfica na tela do computador, mobilizando conceitos como distância, direção, ângulo e sequência lógica. Essa iniciativa consolidou a ideia da programação como ferramenta cognitiva, capaz de mediar a aprendizagem de conteúdos matemáticos e geométricos por meio da experimentação e da construção de artefatos digitais.

Com o avanço das tecnologias digitais e a popularização de interfaces mais acessíveis, surgiram plataformas visuais como o *Scratch*, que ampliaram o alcance da programação educacional. Essas ferramentas se destacam por adotar uma lógica baseada em blocos gráficos, permitindo a composição de algoritmos de forma intuitiva, sem a necessidade de dominar sintaxe textual. Essa evolução tornou a programação mais amigável para o ambiente escolar e favoreceu sua integração a propostas curriculares voltadas ao ensino de ciências, matemática e tecnologia (Prado; Morceli, 2019).

A utilização de linguagens visuais como *Scratch* no ambiente escolar não apenas facilitou o acesso à programação, mas também evidenciou a importância de habilidades cognitivas mais amplas, como o raciocínio algorítmico e a resolução estratégica de problemas. Nesse contexto, emerge o conceito de pensamento computacional, que passou a ser reconhecido como uma competência essencial à formação básica.

Definido por Wing (2008) como a capacidade de resolver problemas de forma sistemática, algorítmica e eficiente, o pensamento computacional envolve a aplicação de estratégias como decomposição, abstração e reconhecimento de padrões. Essas habilidades extrapolam os limites da ciência da computação e se revelam valiosas em diversas áreas do conhecimento, à medida que permitem estruturar o raciocínio de maneira lógica, organizada e transferível a múltiplas situações.

Ao ser incorporada em práticas educativas que envolvem Robótica Educacional, Cultura *Maker* e Fabricação Digital, a programação adquire um papel articulador entre diferentes áreas do conhecimento, sobretudo quando associada a propostas baseadas em projetos. Essa abordagem amplia as possibilidades de exploração conceitual e favorece a construção de sentidos nas atividades escolares, rompendo com a fragmentação tradicional do currículo.

Ambientes como o *Scratch* têm se mostrado eficazes nesse processo, por sua interface visual e intuitiva, que permite aos estudantes criar algoritmos, controlar personagens e construir narrativas digitais com relativa autonomia. Wangenheim, Nunes e Santos (2014) destacam que, ao utilizar esse ambiente em uma unidade instrucional interdisciplinar com alunos do primeiro ano do ensino Fundamental, foi possível integrar práticas de computação, literatura e arte de forma natural e colaborativa.

Os resultados desse estudo evidenciam que crianças de seis e sete anos foram capazes de aplicar conceitos fundamentais da programação, como repetição, sequência, direção e coordenadas espaciais, mesmo sem conhecimento prévio. A construção de histórias animadas, por meio da linguagem visual de blocos, possibilitou o desenvolvimento de competências computacionais ao mesmo tempo em que reforçou habilidades linguísticas e criativas.

A programação, nesse contexto, não atua como um fim em si mesma, mas como uma linguagem transversal que permite organizar o pensamento, expressar ideias e resolver problemas de forma estruturada. Para que essa proposta se efetive, entretanto, é necessário que o trabalho pedagógico esteja alinhado a uma intencionalidade clara, envolvendo planejamento curricular integrado, objetivos bem definidos e avaliação formativa ao longo do processo.

Além de potencializar o engajamento dos estudantes, a abordagem interdisciplinar com programação contribui para romper com a fragmentação dos conteúdos escolares, promovendo conexões entre teoria e prática. Estudos como o de Almeida e Silva (2016) reforçam que, ao programar artefatos como robôs ou animações, os alunos se deparam com situações-problema que demandam análise, tomada de decisão e experimentação, criando condições para a construção ativa do conhecimento.

A escolha das ferramentas de programação é decisiva para que o processo de ensino-aprendizagem ocorra de forma acessível e eficaz. No contexto da Educação Básica, ambientes visuais como *Scratch*, *MBlock*, *Robocode* e *Tinkercad Codeblocks* vêm sendo amplamente utilizados por sua abordagem intuitiva, baseada na lógica de blocos arrastáveis. Esses recursos eliminam barreiras iniciais relacionadas à sintaxe textual, tornando o aprendizado da programação mais acessível a estudantes sem experiência prévia (Wangenheim; Nunes; Santos, 2014; Almeida; Silva, 2016; Amaral; Silva; Pantaleão, 2015; Garnica-Arciga *et al.*, 2024; Beltrán-Pellicer; Rodríguez-Jaso, 2017).

O *Scratch*, desenvolvido pelo MIT, destaca-se por permitir a criação de algoritmos por meio da montagem de blocos lógicos coloridos. Essa estrutura facilita a aprendizagem de conceitos fundamentais como sequência, repetição e condição. Segundo Wangenheim, Nunes

e Santos (2014), sua utilização por crianças do ensino Fundamental revelou ganhos significativos no domínio do raciocínio lógico e no engajamento com tarefas interdisciplinares, como a criação de histórias animadas.

O *MBlock*, por sua vez, mantém a estrutura do *Scratch*, mas incorpora funcionalidades que permitem a programação de placas como o Arduino. Isso amplia o escopo das atividades escolares, conectando algoritmos digitais a dispositivos físicos como robôs, sensores e atuadores. Almeida e Silva (2016) apontam que essa integração entre ambientes virtuais e artefatos concretos favorece a compreensão de conceitos abstratos por meio da experimentação prática.

Ferramentas como o *Robocode* também têm sido utilizadas, principalmente no ensino Médio, para ensinar programação textual de maneira lúdica. Nesse ambiente, os alunos codificam robôs virtuais que competem em batalhas simuladas, utilizando a linguagem *Java*. Amaral, Silva e Pantaleão (2015) demonstram que esse tipo de proposta favorece o desenvolvimento da lógica algorítmica, da estratégia e da resolução de problemas, além de estimular o interesse dos estudantes pela computação.

Já o *Tinkercad Codeblocks* promove a junção entre programação e modelagem tridimensional. Garnica-Arciga *et al.* (2024) afirmam que esse ambiente contribui para o desenvolvimento do PC, ao permitir que os alunos visualizem e modifiquem formas geométricas de maneira interativa e sequencial. A interface gráfica facilita o planejamento e a construção de objetos, promovendo a aplicação de conceitos como simetria, escala e proporção em projetos concretos.

Além disso, Beltrán-Pellicer e Rodríguez-Jaso (2017) destacam que o uso de modelagem e impressão 3D nas aulas de matemática favorece a articulação entre abstração, visualização e manipulação concreta. Essa integração, especialmente no contexto da Cultura *Maker*, estimula a criatividade e o protagonismo dos estudantes na construção de soluções significativas para problemas reais.

Apesar das potencialidades dessas ferramentas, sua aplicação efetiva depende do planejamento pedagógico e da mediação docente. A escolha da plataforma deve considerar os objetivos de aprendizagem, o perfil dos estudantes e a intencionalidade formativa. Assim, mais do que dominar os recursos técnicos, o professor precisa criar experiências que articulem tecnologia, conteúdo e reflexão crítica sobre os processos de construção do conhecimento.

A distinção entre programação por blocos e programação textual constitui um aspecto relevante para o planejamento pedagógico, sobretudo quando se considera o público da

Educação Básica. A programação por blocos, utilizada em ambientes como *Scratch*, *MBlock* e *Tinkercad Codeblocks*, oferece uma abordagem visual e manipulativa que favorece a introdução de conceitos computacionais de forma intuitiva.

Segundo Wangenheim, Nunes e Santos (2014), esse tipo de abordagem é particularmente eficaz com estudantes iniciantes, pois minimiza a frustração associada a erros de digitação ou organização do código. Além disso, a representação visual facilita a compreensão da estrutura dos programas, promovendo a aprendizagem por experimentação e a correção de erros por tentativa.

Por outro lado, a programação textual exige o domínio de linguagens formais como C++, *Python* ou *Java*, demandando maior familiaridade com estruturas de controle, variáveis, sintaxe e organização do código. Amaral, Silva e Pantaleão (2015) observam que o uso de plataformas como *Robocode* no ensino Médio possibilita o desenvolvimento de competências avançadas em lógica e estratégia, despertando o interesse dos alunos por desafios computacionais mais elaborados.

Assim, cabe ao professor conduzir esse processo de forma intencional, equilibrando a introdução por blocos com os desafios da programação textual. Essa progressão deve ser planejada conforme o perfil da turma e os objetivos da atividade. Quando associada a dispositivos físicos, como nos kits de robótica, a programação torna-se ainda mais significativa, ao conectar teoria e prática. A seguir, serão analisadas as principais tecnologias de robótica educacional e suas aplicações no contexto escolar.

### **3.5 Kits de Robótica Educacional: uma análise das tecnologias e da prática pedagógica**

A Robótica Educacional tem se consolidado como uma estratégia didática inovadora que promove a articulação entre diferentes áreas do conhecimento e o desenvolvimento de competências do século XXI (Perrenoud; Thurler. 2009). Ao integrar recursos de Programação, Eletrônica e construção física, os *kits* de robótica estimulam práticas pedagógicas ativas, centradas na resolução de problemas, na criatividade e no PC. Nesse cenário, a Robótica Educacional deixa de ser uma atividade isolada e passa a compor o cotidiano escolar como ferramenta para a experimentação e a mediação do conhecimento, conforme analisado por Angel-Fernandez e Vincze (2018).

Com o fortalecimento da Cultura *Maker* e a expansão do acesso a tecnologias digitais, surgiram no mercado educacional diversos *kits* com finalidades pedagógicas distintas. De um lado, estão os *kits* proprietários, como *Lego Mindstorms*, *Lego Spike* e *Fischertechnik*, que se destacam por sua robustez e interfaces de fácil utilização. De outro, os *kits* baseados em

plataformas abertas, como: Arduino, ESP32 e Micro:bit que oferecem maior flexibilidade técnica, personalização e custo reduzido, sendo mais acessíveis para escolas públicas e projetos sociais (Araújo e Castro Junior, 2024).

Entre essas plataformas abertas, o Arduino tem se destacado por sua capacidade de integrar diferentes linguagens e recursos didáticos. Segundo Moreira *et al.* (2018), sua utilização no ensino permite conectar conceitos de Eletrônica, Lógica e Matemática em experiências concretas, promovendo uma aprendizagem ativa e situada. Além disso, a existência de uma ampla comunidade de usuários e a disponibilidade de materiais tutoriais *online* contribuem para a autonomia dos educadores e a continuidade das práticas mesmo fora do ambiente escolar.

A montagem de robôs programáveis possibilita a exploração de conteúdos como velocidade, distância, ângulo e orientação espacial. Araújo e Castro Junior (2024) argumentam que essas experiências tornam visíveis os conceitos abstratos, favorecendo uma compreensão mais profunda de temas matemáticos e científicos. No caso da Geometria, por exemplo, o uso de sensores e atuadores em atividades práticas contribui para a visualização de transformações, simetrias e deslocamentos, conectando teoria e prática de forma significativa.

Experiências documentadas por Prado e Morceli (2019) indicam que os *kits* de robótica favorecem não apenas a aprendizagem de conteúdos disciplinares, mas também o desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como cooperação, autonomia e persistência. Da mesma forma, Barros (2022) reforça que, ao assumirem o papel de protagonistas em projetos de robótica, os estudantes se engajam em processos complexos de tomada de decisão, teste de hipóteses e reformulação de estratégias.

Nesse processo, o professor assume o papel de mediador, responsável por planejar situações didáticas que articulem objetivos curriculares com os potenciais dos *kits* disponíveis. El-Abd (2017) destaca que a Robótica Educacional deve ir além do simples manuseio de equipamentos, promovendo espaços de criação com sentido, que considerem as necessidades, emoções e interesses dos estudantes.

Em síntese, os *kits* de Robótica Educacional, especialmente aqueles baseados em plataformas abertas como o Arduino, representam muito mais do que recursos tecnológicos: são instrumentos pedagógicos que viabilizam a construção de saberes de forma colaborativa, experimental e integrada ao mundo contemporâneo. Ao conectar teoria e prática, abstração e materialidade, esses *kits* ampliam as possibilidades de ensino e aprendizagem, fortalecendo a interdisciplinaridade e preparando o terreno para a aplicação da robótica em projetos educacionais mais amplos.

## 4 UMA EXPERIÊNCIA DIDÁTICA: O ESTUDO DE SITUAÇÕES ENVOLVENDO CULTURA *MAKER*, FABRICAÇÃO DIGITAL E ROBÓTICA EDUCACIONAL

Esta pesquisa foi desenvolvida no contexto de um curso de formação continuada, realizado no Centro de Excelência em Políticas Educacionais, vinculado a uma universidade pública federal, com carga horária de 16 horas, distribuídas em quatro encontros, e contou com a participação de professores da educação básica de diferentes níveis e áreas.

Com o objetivo de investigar, na perspectiva da ED, como a Cultura *Maker*, a Fabricação Digital e a Robótica Educacional, sob uma abordagem construcionista e alinhada à TSD, podem promover práticas pedagógicas contextualizadas no ensino de Geometria nos anos finais do ensino Fundamental, foram elaboradas situações didáticas que articularam conceitos matemáticos, tecnológicos e computacionais, aplicados no desenvolvimento das atividades propostas.

Para tanto, foram planejadas três situações didáticas compostas por situações-problema, fundamentadas nas dialécticas da TSD, buscando estimular a mobilização de saberes matemáticos e tecnológicos.

Como parte dos resultados deste processo formativo, foi desenvolvido também um produto educacional na forma do site “Imprimindo Robôs”, que reúne a Sequência Didática elaborada, materiais de apoio, tutoriais, arquivos para impressão 3D, programação dos protótipos e sugestões metodológicas. Esse ambiente digital foi idealizado com a finalidade de oferecer suporte contínuo aos professores, permitindo que possam acessar os conteúdos, replicar as atividades e adaptar as propostas aos seus contextos educacionais.

Diante desse breve esclarecimento, esta seção apresenta o contexto da pesquisa, a caracterização dos participantes, bem como a descrição das situações didáticas elaboradas e o desenvolvimento da fase de experimentação.

### 4.1 Concepções das Situações Didáticas

A partir da análise realizada na seção anterior, que articulou os conceitos geométricos às práticas da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional, elaboraram-se as situações didáticas que fundamentam esta pesquisa. Durante esta etapa da Engenharia Didática, foram definidas as variáveis e estruturadas as situações segundo uma perspectiva microdidática, orientada pelos princípios da TSD.

Conforme Almouloud (2016), uma situação-problema consiste em um enunciado claro e objetivo, que tem como finalidade mobilizar conhecimentos matemáticos implícitos por

meio da resolução do desafio proposto. Essa concepção está alinhada à TSD, proposta por Brousseau (2008), segundo a qual o saber é construído a partir da interação do aluno com o meio.

Na TSD, esse meio é denominado meio adidárico, ou seja, um ambiente estruturado intencionalmente para que o estudante explore estratégias de resolução com certa autonomia, sem a intervenção direta do professor. Segundo Brousseau (2008), trata-se de um sistema de interações no qual o aluno atua sobre os objetos, regras e condições propostas, sendo levado a testar, validar e refutar suas próprias hipóteses. Esse processo favorece a produção ativa do conhecimento.

Foram concebidas três situações didáticas que integram conceitos de Geometria com práticas de modelagem 3D, Fabricação Digital, montagem eletrônica e programação. As atividades envolvem a construção do *chassi* no *Tinkercad*, a montagem física do Protótipo Móvel Autônomo (PMA) e a programação dos percursos no ambiente *Mblock*. Nessas situações, os participantes são desafiados a tomar decisões, calcular, projetar, testar e validar suas produções, mobilizando raciocínio geométrico e computacional de forma articulada.

As situações foram elaboradas considerando os desafios recorrentes no ensino dos conceitos geométricos, particularmente aqueles relacionados à visualização espacial, à conversão de medidas, ao raciocínio proporcional e à compreensão de conceitos como área, perímetro, circunferência e deslocamento. Esses elementos refletem dificuldades amplamente discutidas na literatura (Brousseau, 2008; Almouloud, 2016) e exigem que os professores mobilizem estratégias didáticas capazes de tornar esses conceitos acessíveis e operacionais em sala de aula.

Com este propósito, esta etapa da pesquisa seguiu um plano de ação no qual foram definidas as variáveis didáticas, tanto em nível global quanto local, fundamentais para a organização da ED. No que se refere às variáveis globais, considerou-se a estruturação da sequência, a integração dos recursos tecnológicos envolvidos, bem como a possibilidade de replicação deste estudo em outros contextos formativos.

A partir da definição dessas variáveis globais, surgem as variáveis locais, que correspondem a hipóteses mais específicas voltadas ao desenvolvimento das situações em sala. Tais conjecturas estão associadas às previsões sobre os desafios que os participantes poderiam enfrentar na interação com os ambientes digitais, na montagem dos circuitos eletrônicos, na programação dos percursos e na mobilização dos conceitos matemáticos que fundamentam essas práticas, sendo esses elementos essenciais para o planejamento da fase de experimentação e para a posterior validação da ED.

Com base nessas concepções, a seção seguinte apresenta a análise *a priori* das situações didáticas, com a descrição dos comportamentos esperados e das estratégias previstas para a consolidação dos saberes mobilizados.

#### **4.2 Análise *a priori* das Situações Didáticas**

Nesta subseção apresentam-se as situações didáticas desenvolvidas no contexto do ensino de Geometria, integradas às práticas da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional, fundamentadas nos pressupostos da TSD. A análise foi conduzida segundo a perspectiva de Brousseau (2008), que compreende a situação didática como um ambiente no qual os sujeitos tomam decisões a partir das interações com o meio, de tal forma que as estratégias de solução só podem ser efetivamente implementadas mediante a mobilização de saberes matemáticos.

Nesta fase, as previsões sobre os comportamentos dos participantes diante das situações propostas foram organizadas segundo a estrutura da TSD, contemplando as fases de ação, formulação, validação e institucionalização, sendo descritas com base na dialética que rege essas interações.

Faz-se pertinente que as situações didáticas possam ser exploradas tanto individualmente quanto em pequenos grupos, favorecendo a emergência da dialética de formulação, na qual os participantes testam hipóteses, compartilham estratégias e discutem soluções, ampliando as possibilidades de construção dos saberes matemáticos e tecnológicos envolvidos.

As ferramentas digitais, como o *software* de modelagem *Tinkercad* e o ambiente de programação *Mblock*, foram empregadas como recursos que ampliam as possibilidades de construção, visualização e manipulação dos objetos matemáticos e tecnológicos. Essas ferramentas atuam como mediadoras no desenvolvimento das definições, na organização espacial, na compreensão dos deslocamentos e na formulação das propriedades geométricas que sustentam os desafios propostos, estimulando a elaboração de estratégias e o levantamento de hipóteses durante a resolução das situações.

Considerando os pressupostos da TSD e da ED, estas situações didáticas foram elaboradas com o objetivo de propor uma atividade na qual os participantes desenvolvam competências relacionadas à modelagem digital, ao raciocínio geométrico e ao PC, aplicados ao ensino de Geometria no contexto da Cultura *Maker* e da Robótica Educacional.

Espera-se que, ao longo das três situações propostas, os participantes desenvolvam competências previstas na BNCC (Brasil, 2018) e na BNC-Formação (Resolução CNE/CP nº

2, de 20 de dezembro de 2019), especialmente no que se refere à utilização de tecnologias digitais de forma crítica e criativa, à pesquisa de práticas pedagógicas contextualizadas e ao desenvolvimento do PC, mobilizando habilidades como decomposição de problemas, reconhecimento de padrões e criação de algoritmos. Também são mobilizadas competências específicas da Matemática, como resolver problemas envolvendo medidas, áreas e perímetros, articulando conceitos geométricos a situações práticas.

#### 4.2.1 Situação didática 1: Modelagem do *Chassi* do Protótipo no *Tinkercad*

O planejamento da Situação didática 1 (SD1) (APÊNDICE A), parte de uma contextualização relacionada à Indústria 4.0, destacando como a Fabricação Digital e, especialmente, a impressão 3D têm transformado os processos produtivos. Para exemplificar esse contexto, foi apresentada aos participantes a experiência da montadora *Renault*, que incorporou impressoras 3D à sua linha de produção, desenvolvendo soluções inovadoras para veículos comerciais e de Fórmula 1, conforme ilustrado na Figura 3 (*Tecnicon*, 2019).

Figura 3 – Carro F1 da *Renault* produzido com impressão 3D



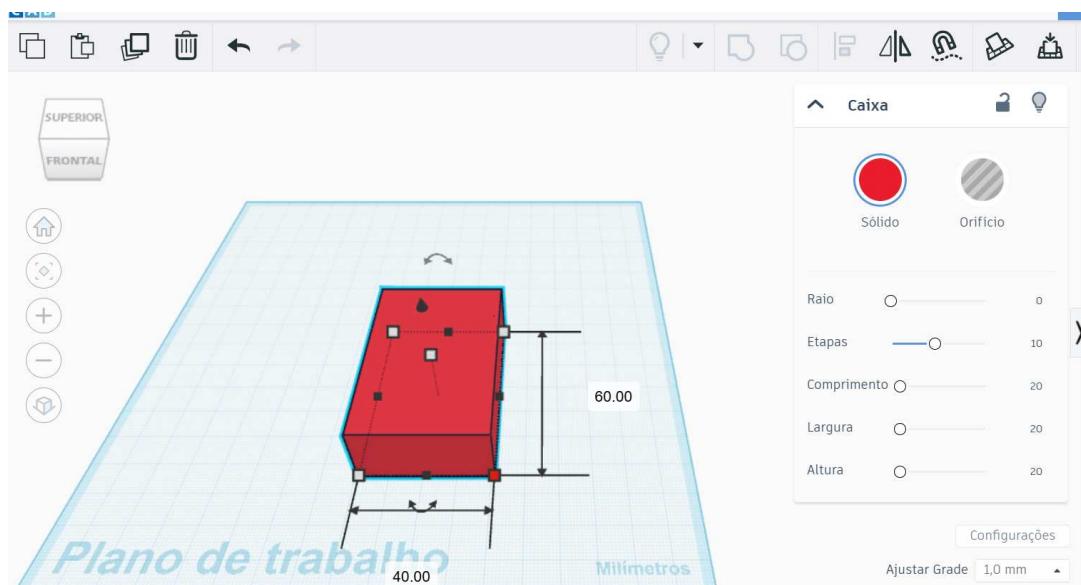
Fonte: *Tecnicon* (2019).

Diante desse cenário, a proposta consistiu em desafiar os participantes a projetarem um *chassi* no ambiente de modelagem *Tinkercad*, capaz de comportar todos os componentes necessários para o funcionamento do PMA, como Arduino Uno, ponte H, dois motores DC, suporte de pilhas 18650 e a fiação correspondente. O modelo digital elaborado deverá atender aos critérios de organização espacial, estabilidade, proporcionalidade e funcionalidade, possibilitando, após sua impressão, a montagem física do robô.

A formulação desta situação está fundamentada na construção de uma sequência de ações no ambiente digital, nas quais os participantes deverão, inicialmente, criar a base do

*chassi*, utilizando a ferramenta de prisma retangular presente no *Tinkercad*. Esta etapa, prevista no desenvolvimento da atividade, encontra-se representada na Figura 4, que ilustra o modelo inicial da base do *chassi*.

Figura 4 – Construção da base do *chassi* no *Tinkercad*



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A elaboração deste modelo digital demandará dos participantes a mobilização de conceitos matemáticos relacionados à área, perímetro, proporção e simetria, além de raciocínio espacial e habilidades associadas ao PC, especialmente no que se refere à decomposição de problemas e à análise de padrões.

Os objetivos definidos para esta situação didática são: utilizar o *software Tinkercad* para modelar um *chassi* funcional destinado ao PMA; aplicar conceitos de área, perímetro e proporção durante o processo de modelagem; relacionar o *design* geométrico do *chassi* à organização dos componentes eletrônicos; e preparar o modelo digital para impressão 3D, respeitando critérios de funcionalidade e aproveitamento do espaço.

A situação-problema que norteia esta sequência consiste em planejar e projetar, no ambiente de modelagem 3D, um *chassi* que atenda às necessidades de estabilidade, proporção, organização espacial e funcionalidade, capaz de acomodar todos os componentes do Protótipo Móvel Autônomo. A partir desse problema, delineiam-se as etapas da TSD, iniciando-se pela dialética da ação.

Na situação de ação, apresenta-se o desafio de projetar no *Tinkercad* um *chassi* capaz de acomodar os componentes eletrônicos, respeitando as dimensões físicas, além de critérios de simetria, proporção, resistência, estabilidade e área útil. Para isso, os participantes devem

mobilizar conceitos geométricos e raciocínio espacial aplicados à organização e distribuição dos elementos no modelo tridimensional.

Na situação de formulação, os participantes elaboram um esboço em papel, representando geometricamente os componentes do PMA e atribuindo a cada elemento suas respectivas medidas. A partir desse planejamento, são discutidos critérios como simetria, proporção, encaixes, organização espacial e estabilidade estrutural.

Essa etapa favorece a interação entre os participantes, que, por meio de registros gráficos, linguagem Matemática e discussões, levantam hipóteses sobre a melhor disposição dos componentes no *chassi*. Posteriormente, essas representações são transpostas para o ambiente de modelagem *Tinkercad*, respeitando as proporções e critérios definidos no planejamento inicial.

Na situação de validação, os participantes analisam criticamente o modelo digital desenvolvido, verificando se as medidas, proporções e encaixes dos componentes estão corretos. É o momento de confrontar as soluções propostas, avaliar se o modelo atende aos critérios estabelecidos, se comporta adequadamente os componentes eletrônicos e se assegura a estabilidade e a funcionalidade do PMA. Nessa etapa, são realizados os ajustes necessários, como correções nas medidas, reposicionamento de elementos e refinamento da organização espacial, preparando assim o arquivo final para a impressão 3D.

Na situação de institucionalização, o professor retoma o controle da situação, conduzindo a sistematização dos conhecimentos construídos ao longo das fases anteriores. Cada grupo apresenta seu modelo de *chassi*, explicando as decisões geométricas e funcionais adotadas, discutindo as dificuldades encontradas, as estratégias utilizadas e como os conceitos de área, perímetro, proporção, simetria e organização espacial foram aplicados no desenvolvimento do projeto.

Esse momento permite ao professor validar as soluções, esclarecer dúvidas e destacar as relações entre os conceitos matemáticos mobilizados e as decisões tomadas durante a modelagem no ambiente digital. Também se promove a reflexão sobre o uso da modelagem 3D como recurso pedagógico no ensino de Geometria, permitindo que os participantes compreendam como essa prática pode ser aplicada em sala de aula.

Por meio da mediação do professor, são conduzidas discussões sobre questões como: de que maneira os conceitos geométricos foram incorporados na construção do *chassi*; quais foram os principais desafios na organização espacial e na distribuição dos componentes; como as etapas do PC contribuíram na resolução do problema; e de que forma essa experiência pode ser adaptada para o contexto escolar. Esse processo garante a consolidação do saber

matemático e tecnológico mobilizado, encerrando a situação didática com a institucionalização dos conhecimentos construídos.

#### 4.2.2 Situação didática 2: Montagem do Protótipo Móvel Autônomo (PMA)

O planejamento da Situação didática 2 (SD2) (APÊNDICE B), parte de uma contextualização relacionada aos avanços tecnológicos da mobilidade urbana, impulsionados pelo desenvolvimento dos carros autônomos. Esses veículos, capazes de se movimentar sem intervenção humana, utilizam sistemas baseados em inteligência artificial, sensores e algoritmos para tomar decisões em tempo real, redefinindo o futuro dos transportes.

Diante desse cenário, a proposta consiste em desafiar os participantes a construir e programar um Protótipo Móvel Autônomo (PMA) que simule funcionalidades básicas de um carro autônomo, utilizando um *chassi* impresso em 3D, motores DC, uma ponte H, uma placa Arduino Uno, suporte de pilhas e chave gangorra. O quadro 1 apresenta os componentes utilizados na montagem do protótipo.

Quadro 1- Componentes utilizados na montagem do PMA

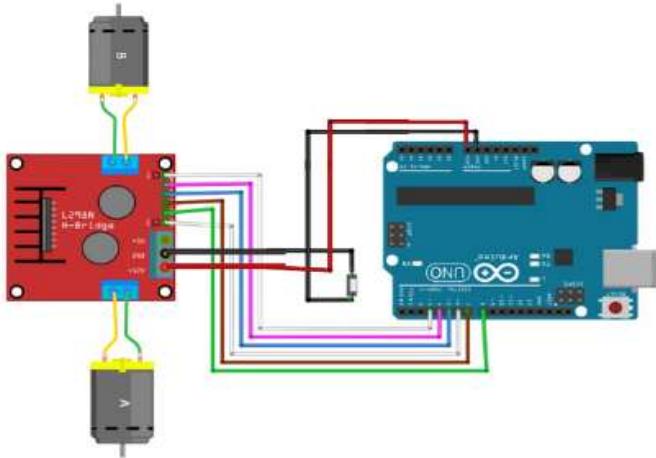
Referência	Componente	Quantidade	Imagem
Arduino UNO	Arduino UNO R3	1	
Driver Ponte H L298N	Módulo Driver Motor Ponte H L298N	1	
Chave gangorra	Chave gangorra 3A (2 terminais)	1	
Cabo USB para Arduino	Cabo USB AB 30cm	1	
Motor DC	Motor DC 3-6V com Caixa de Redução	2	

Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

A formulação desta situação está fundamentada na montagem do circuito elétrico, na organização dos componentes no *chassi* e no desenvolvimento de uma programação capaz de

controlar os movimentos do robô. O diagrama do circuito que será seguido encontra-se representado na Figura 5.

Figura 5 – Diagrama do circuito elétrico do PMA



Fonte: Elaborada pelo autor (2024).

Os objetivos definidos para esta situação didática são: montar o Protótipo Móvel Autônomo (PMA) utilizando Arduino, dois motores DC, um *chassi* impresso em 3D, uma placa ponte H e um suporte de pilhas impresso em 3D; entender o funcionamento básico de um circuito elétrico e a função de cada componente; aplicar conceitos de Geometria, como medidas, proporções e simetria, na montagem do *chassi* e na organização dos componentes; desenvolver habilidades de programação; resolver uma situação-problema; e divulgar ao grupo os resultados obtidos.

A situação-problema que norteia esta sequência consiste em construir e programar um protótipo que execute um trajeto retilíneo de 40 centímetros e, em seguida, realize uma curva de 90 graus, aplicando conceitos geométricos, organização espacial, medidas, proporção e PC. A partir desse problema, delineiam-se as etapas da TSD, iniciando-se pela dialética da ação.

Na situação de ação, apresenta-se o desafio de montar fisicamente o PMA, compreendendo as funções de cada componente eletrônico, sua organização no *chassi* impresso em 3D e sua interligação no circuito elétrico. Para isso, os participantes devem mobilizar conhecimentos sobre medidas, proporções, simetria, organização espacial e funcionamento básico de circuitos, além de compreender a lógica de controle dos motores via ponte H e placa Arduino.

Na situação de formulação, os participantes realizam a montagem completa do PMA, seguindo o diagrama elétrico e desenvolvendo a programação no ambiente *Mblock*. Neste momento, são discutidas as relações entre o número de rotacões das rodas e a distância

percorrida, aplicando a fórmula Distância = Número de rotações × Comprimento da circunferência da roda. Essa etapa promove a interação entre os participantes, que, por meio de trocas de informações, registros, testes e ajustes, constroem e refinam as conexões físicas e os comandos necessários para que o robô execute corretamente o trajeto proposto.

Na situação de validação, os participantes testam se o PMA realiza corretamente o percurso definido, avaliando se os parâmetros de programação estão adequados e se a montagem física assegura a funcionalidade e a estabilidade do protótipo. Esta etapa envolve a análise dos resultados obtidos, identificação de possíveis falhas, ajustes na programação e na montagem, além da aplicação de estratégias para resolver problemas como desalinhamento, imprecisão no cálculo da distância ou falhas na rotação dos motores.

Na situação de institucionalização, o professor conduz a sistematização dos conhecimentos construídos, validando os procedimentos adotados na montagem e programação do PMA. Cada grupo apresenta seu protótipo, explica as decisões adotadas, discute as dificuldades encontradas, as estratégias utilizadas e como os conceitos de medidas, proporção, simetria e organização espacial foram aplicados no desenvolvimento do projeto.

Esse momento permite também promover uma roda de conversa orientada por questões que conduzam à reflexão sobre os conhecimentos matemáticos, tecnológicos e computacionais mobilizados, tais como: como a Robótica Educacional pode contribuir para o ensino de Geometria? Quais foram os principais desafios enfrentados durante a montagem e programação do carrinho? Como os conceitos geométricos e o PC foram aplicados no projeto? E de que forma essa experiência pode ser replicada com os alunos em sala de aula?

Por meio da mediação do professor, os participantes são levados a compreender como a articulação entre conhecimentos de Geometria, eletrônica, raciocínio espacial e PC contribui para a resolução de problemas práticos, reforçando a aplicabilidade desses saberes no contexto educacional.

#### **4.2.3 Situação didática 3: Programação do Protótipo Móvel Autônomo (PMA)**

O planejamento da Situação didática 3 (SD3) (APÊNDICE C), parte de uma contextualização relacionada à automação no setor agrícola, destacando como a programação e a robótica têm transformado práticas produtivas em escala global. Um exemplo atual é o investimento anunciado pela CNH Industrial, uma das maiores fabricantes de máquinas agrícolas do mundo, voltado ao desenvolvimento de tratores totalmente autônomos, capazes de operar sem intervenção humana, utilizando sensores, inteligência artificial e controle remoto.

Diante desse cenário, a proposta consiste em desafiar os participantes a programar um Protótipo Móvel Autônomo (PMA) para simular a funcionalidade de um trator agrícola autônomo, executando um percurso retangular com deslocamentos precisos e coordenados, aplicando conceitos de Geometria, medidas e programação.

Os objetivos definidos para esta situação didática são: construir e programar um protótipo móvel autônomo utilizando *kits* de robótica e peças fabricadas em impressora 3D; explorar conceitos geométricos, como área, perímetro e ângulos, na construção de figuras planas — quadrado, retângulo, triângulo e círculo; promover a resolução de problemas por meio da Cultura *Maker* e da Robótica Educacional; desenvolver habilidades de programação; e divulgar os resultados obtidos por meio de apresentações e reflexões coletivas.

A situação-problema que norteia esta sequência desafia os participantes a programar o PMA para realizar um percurso similar ao de um trator agrícola autônomo, executando o seguinte trajeto: mover-se para frente em linha reta por 40 cm, fazer uma curva de 90 graus, mover-se por 50 cm, realizar outra curva de 90 graus, percorrer novamente 40 cm, fazer uma nova curva de 90 graus, mover-se por mais 50 cm e, por fim, retornar ao ponto de partida, completando um retângulo. A partir desse problema, delineiam-se as etapas da TSD, iniciando-se pela dialética da ação.

Na situação de ação, apresenta-se o desafio de programar o PMA para simular as funcionalidades básicas de um trator agrícola autônomo, percorrendo o trajeto retangular definido na situação-problema. Para isso, os participantes devem compreender a relação entre a rotação das rodas e o deslocamento do robô, além de analisar as medidas envolvidas no percurso, como base, altura, ângulos e proporção.

Na situação de formulação, os participantes utilizam o ambiente de programação *Mblock* IDE para criar os algoritmos que comandarão os movimentos do PMA. Nessa etapa, constroem sequências de blocos de programação capazes de executar os comandos necessários para o robô percorrer corretamente o percurso retangular de 40 cm × 50 cm, realizando as curvas de 90 graus. Além disso, discutem e aplicam a relação Matemática entre o número de rotações das rodas e a distância percorrida, utilizando a fórmula Distância = Número de rotações × Circunferência da roda. Essa fase promove a interação entre os participantes, que, por meio de testes, ajustes e cálculos, constroem soluções para resolver o problema proposto.

Na situação de validação, os participantes testam na prática se o PMA executa corretamente o percurso programado, avaliando se as medidas, as distâncias e os ângulos estão corretos. Durante essa etapa, realizam cálculos matemáticos para verificar o perímetro

do retângulo, utilizando a fórmula  $\text{Perímetro} = 2 \times (\text{base} + \text{altura})$ , e para determinar sua área, aplicando  $\text{Área} = \text{base} \times \text{altura}$ . Caso sejam identificados erros, tanto no percurso quanto nos cálculos, são realizados ajustes nos parâmetros da programação e nos dados inseridos, assegurando a precisão dos movimentos do robô e a coerência dos conceitos geométricos aplicados.

Na situação de institucionalização, o professor conduz a sistematização dos conhecimentos construídos, validando as estratégias desenvolvidas e destacando como os conceitos geométricos e computacionais foram fundamentais para a resolução do problema. Cada grupo apresenta seu PMA, explica as soluções adotadas, discute as dificuldades enfrentadas e as estratégias utilizadas durante o desenvolvimento da programação.

Este momento é também dedicado à reflexão coletiva, orientada por questões como: de que maneira a integração da Cultura *Maker* e da Robótica Educacional contribuiu para o ensino de Geometria nesta atividade? Quais estratégias pedagógicas utilizadas na programação do PMA podem ser replicadas em sala de aula? Como os conceitos de perímetro e área foram aplicados no projeto? E como essa prática pode ser adaptada para promover um ensino mais ativo e contextualizado da Matemática no ambiente escolar?

Através desse processo, consolida-se o saber matemático, tecnológico e computacional mobilizado ao longo da sequência, encerrando a situação didática com a institucionalização dos conhecimentos construídos.

### 4.3 Experimentação

A fase de experimentação desta pesquisa foi realizada no Centro de Excelência em Políticas Educacionais, vinculado a uma Universidade Federal. O estudo teve como público-alvo professores da rede pública de ensino de diferentes níveis e áreas (Matemática, Ciências, Geografia, Física, Química, entre outras), interessados em metodologias pedagógicas que integram a Cultura *Maker*, Fabricação Digital e Robótica Educacional. Inscreveram-se no curso 412 professores, dos quais 60 compareceram ao primeiro encontro.

Esta pesquisa, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) (APÊNDICE D), utilizou um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE E), que foi aceito por todos os participantes ao responderem ao questionário diagnóstico (pré-teste) (APÊNDICE F). Para fins de organização, anonimato e rastreabilidade ética, os participantes foram codificados sequencialmente como P1, P2, P3, ..., com base na ordem de submissão das respostas aos formulários.

Ao todo, foram analisados 62 participantes que, em algum momento, participaram da formação ou responderam aos instrumentos de coleta de dados. Esse total inclui professores que compareceram aos encontros presenciais, mas responderam apenas a um dos questionários, bem como aqueles que participaram remotamente ou de forma pontual. Ao final do curso, 25 professores completaram todos os encontros e responderam aos dois questionários. Esse grupo constitui a base para as análises comparativas entre as percepções iniciais (pré-teste) e as conclusões construídas ao longo da formação (pós-teste) (APÊNDICE G), conforme discutido nos resultados desta dissertação.

A experimentação ocorreu durante quatro encontros presenciais, realizados aos sábados, nos dias 10, 17, 24 e 31 de maio de 2025, com turmas nos turnos da manhã e da tarde. No primeiro encontro, foram apresentados os objetivos do curso e da pesquisa, seguido da realização da Situação Didática.

Na ocasião, o ambiente foi organizado com nove mesas, cada uma com um kit de robótica disponível, o que orientou espontaneamente a formação de pequenos grupos de trabalho. Os participantes se distribuíram entre os espaços disponíveis de acordo com afinidade ou comodidade, sem critérios previamente definidos ou imposições por parte do pesquisador.

Foram aplicadas três Situações Didáticas, fundamentadas na TSD e na ED2, envolvendo atividades de modelagem 3D, montagem dos protótipos robóticos e programação dos percursos geométricos. Ao final do último encontro, foi aplicado o questionário final (pós-teste).

Os materiais empregados incluíram *kits* de Robótica Educacional (com Arduino, ponte H, motores DC, rodas, suportes impressos em 3D, chave gangorra e rodízios), *chromebooks*, um projetor, uma tela retrátil, papel, canetas e as Situações Didáticas, disponibilizadas tanto em formato impresso quanto no *site*: <https://sites.google.com/view/imprimindorobos/> que compõe o produto educacional da pesquisa. Esse *site* foi desenvolvido para reunir as sequências, roteiros, arquivos de modelagem, programação e materiais de apoio, servindo como suporte contínuo para os participantes. Para a coleta de dados, foram utilizados questionários (pré e pós-teste), além de registros fotográficos, vídeos e áudios dos encontros, que serviram de base para a análise dos resultados.

Na seção seguinte, serão apresentados os dados e discussões obtidos a partir dessa fase, com foco nas interações, nas produções dos participantes e nos desafios observados durante o desenvolvimento das atividades.

## 5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Esta seção apresenta a análise a posteriori da pesquisa, desenvolvida a partir dos pressupostos da ED2 e da TSD. Esta etapa tem como função metodológica refletir sobre as condições de realização das situações didáticas elaboradas, buscando compreender se as atividades propostas foram adequadas, se atenderam aos seus objetivos e que aspectos demandam possíveis ajustes locais, conforme orienta Almouloud (2007).

A análise realizada tem como finalidade validar internamente a engenharia desenvolvida, avaliando as variáveis microdidáticas que influenciaram a organização das sessões, além de observar as interações, os desafios e as decisões ocorridas no decorrer da experimentação. De acordo com Almouloud e Coutinho (2008), essa análise permite compreender as consequências da intervenção, apontando tanto os elementos que favoreceram o processo quanto aqueles que requerem aprimoramento.

Esta seção articula-se diretamente a um dos objetivos centrais da pesquisa, que consiste em analisar as percepções dos professores acerca da inserção da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional no ensino de Geometria, considerando as potencialidades, os desafios e as contribuições dessas práticas para a construção de um processo de ensino alinhado às demandas contemporâneas.

Nesse contexto, apresentam-se as análises e discussões decorrentes da realização das Situações Didáticas, organizadas segundo as fases da TSD, bem como a análise dos dados obtidos por meio dos questionários de pré-teste e pós-teste, que permite complementar e aprofundar a compreensão dos efeitos da intervenção. Dessa forma, esta seção estrutura-se em dois grandes eixos: 5.1. Análise *a Posteriori* e Validação Interna da Pesquisa, que contempla a análise qualitativa das interações, dos episódios e dos processos de ensino-aprendizagem durante a experimentação, e 5.2. Análise dos questionários (pré-teste e pós-teste), que oferece uma perspectiva quantitativa e interpretativa sobre as percepções, os avanços e as transformações dos participantes ao longo da formação.

### 5.1. Análise *a Posteriori* e Validação Interna da Pesquisa

A análise *a posteriori* desta pesquisa foi realizada com base nas realizações das situações didáticas durante a experimentação, considerando as variáveis didáticas e as condições locais de desenvolvimento da proposta. Este processo teve como objetivo avaliar se as situações elaboradas foram adequadas ao contexto dos participantes, possibilitando a compreensão e a apropriação dos conceitos trabalhados.

A validação ocorreu de forma interna, a partir dos registros obtidos no próprio desenvolvimento das atividades, sem comparação com dados externos. Esse procedimento

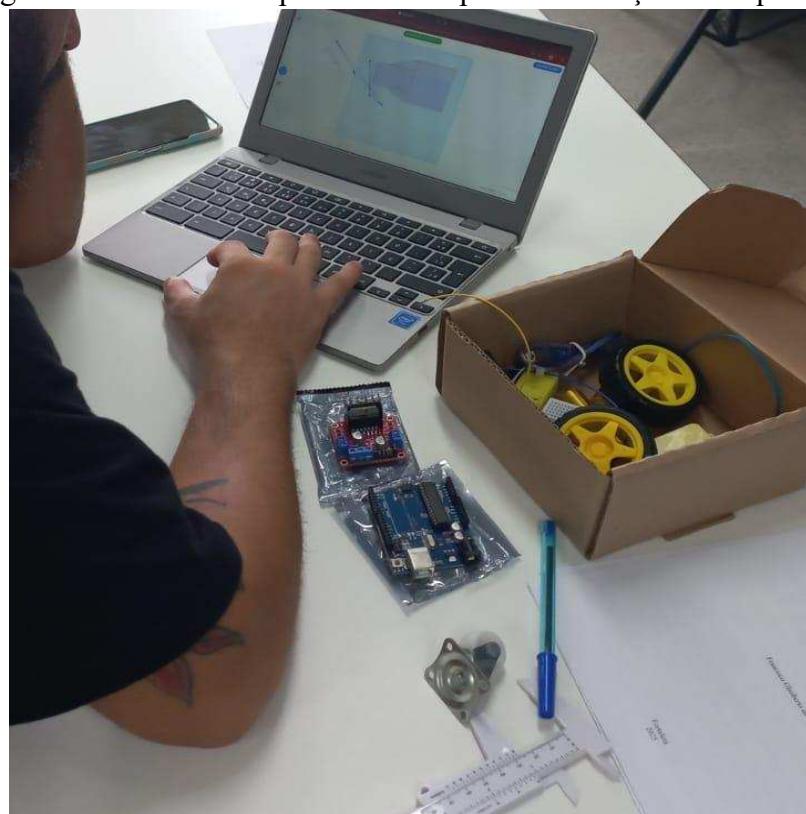
permitiu investigar como os participantes interagiram com as situações propostas, buscando compreender as contribuições da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional para o ensino de Geometria.

Dessa forma, este tópico apresenta a análise dos dados, realizada a partir dos resultados adquiridos durante a realização da Sequência Didática, respeitando as particularidades do contexto em que a pesquisa foi desenvolvida.

### 5.1.1 Validação da Situação didática 1

A realização da primeira situação didática iniciou-se com a apresentação do problema e dos materiais necessários à execução da tarefa, conforme ilustrado na Figura 6. O desafio consistia em modelar, no ambiente digital *Tinkercad*, um *chassi* funcional para o Protótipo Móvel Autônomo (PMA), que comportasse os componentes físicos: Arduino Uno, ponte H, dois motores DC, suporte de pilhas e roda boba, considerando os conceitos de área, perímetro, simetria, proporção e organização espacial.

Figura 6 – Materiais disponibilizados para a realização da sequência



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O início da atividade foi marcado pela exploração dos materiais e pela análise dos componentes. Nesse momento, os participantes começaram a discutir possíveis soluções e levantar dúvidas sobre a montagem e as dimensões do *chassi*. Essa construção do

entendimento sobre o problema foi ilustrada de forma bastante clara na interação entre P62, que observou: “*Aqui eu não tenho compasso nem transferidor... aqui não vai ficar 90º não*”, complementada por P12, que comentou: “*Aqui não vai ficar perfeito não... perfeito é no Tinkercad*”, e seguida de P6, que reforçou: “*Quando passar pro computador, ele vai ter isso*”.

Esse momento, que caracteriza a fase de Ação, pode ser visualizado na Figura 7, que registra exatamente o instante dessa interação entre os participantes.

Figura 7 – Discussão sobre a precisão dos ângulos no desenho manual



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Avançando na exploração dos componentes físicos, os participantes iniciaram o processo de medição precisa, como ilustra a Figura 8, que registra os participantes P31 e P47 medindo e anotando as dimensões do Arduino e do suporte de pilhas. Durante essa etapa, surgiram interações como: “*Deu exato aqui, deu 53*” disse P31, seguido do questionamento de P47: “*Redondinho? Coincidiu o zero?*”, com a confirmação: “*Coincidiu*”. Também foi discutido se a altura dos componentes seria necessária para o desenho no papel, evidenciado na fala: “*A altura não precisa não, né?*”(P47).

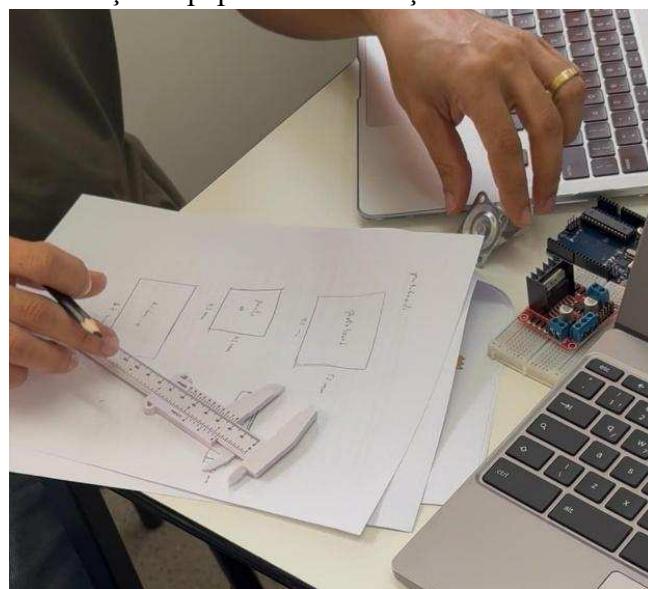
Figura 8 – Processo de medição e anotação das dimensões dos componentes



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

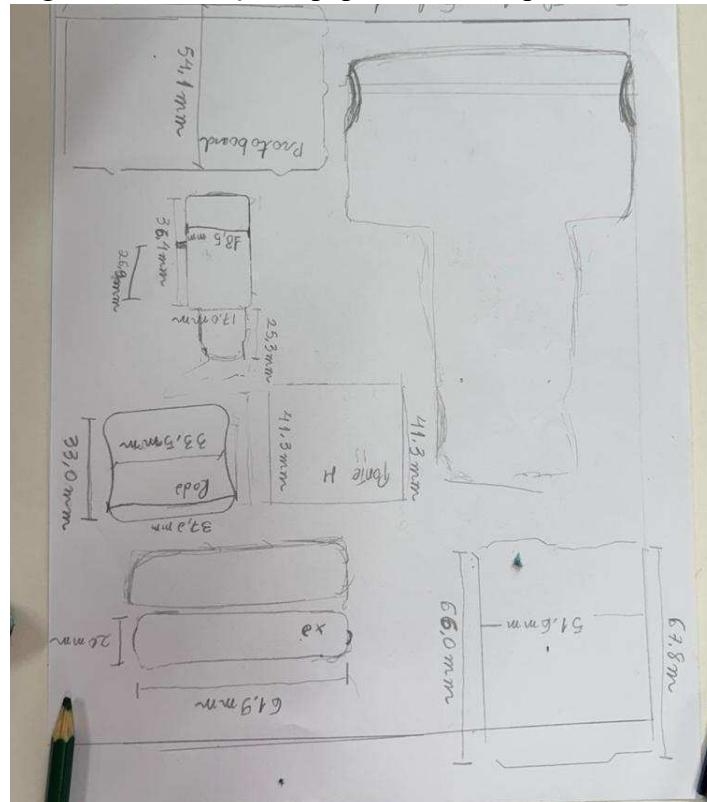
A partir das medições, os participantes passaram à construção dos esboços manuais, buscando organizar os componentes no espaço do *chassi*. A Figura 9 apresenta um dos desenhos produzidos, com marcações detalhadas de medidas. Da mesma forma, os desenhos dos participantes P28 e P38, representados na Figura 10, e de P32 e P61, na Figura 11, refletem essa etapa, na qual as representações gráficas no papel funcionaram como um planejamento inicial para a modelagem digital.

Figura 9 – Esboço no papel com marcações detalhadas de medidas



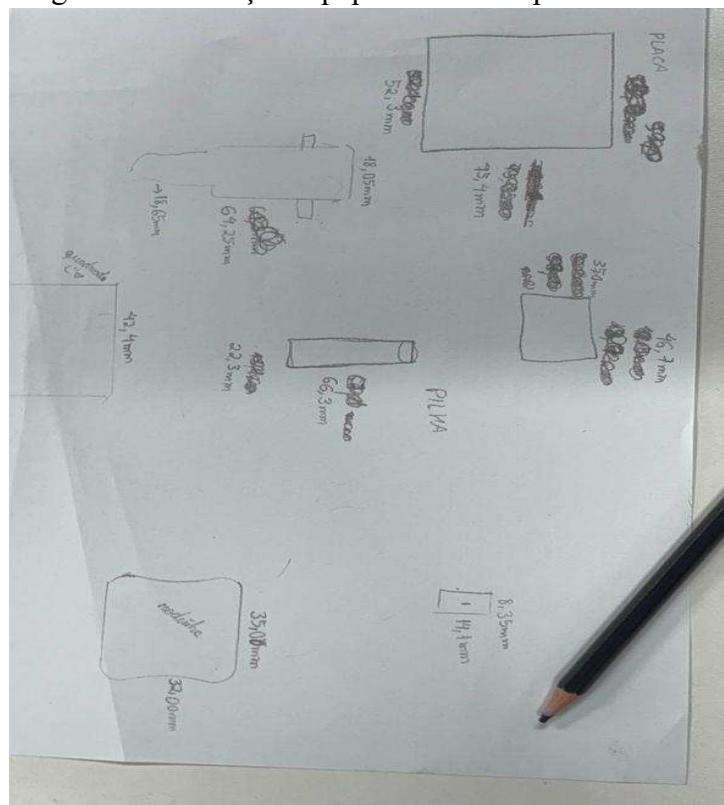
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 10 – Esboço no papel elaborado por P28 e P38



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

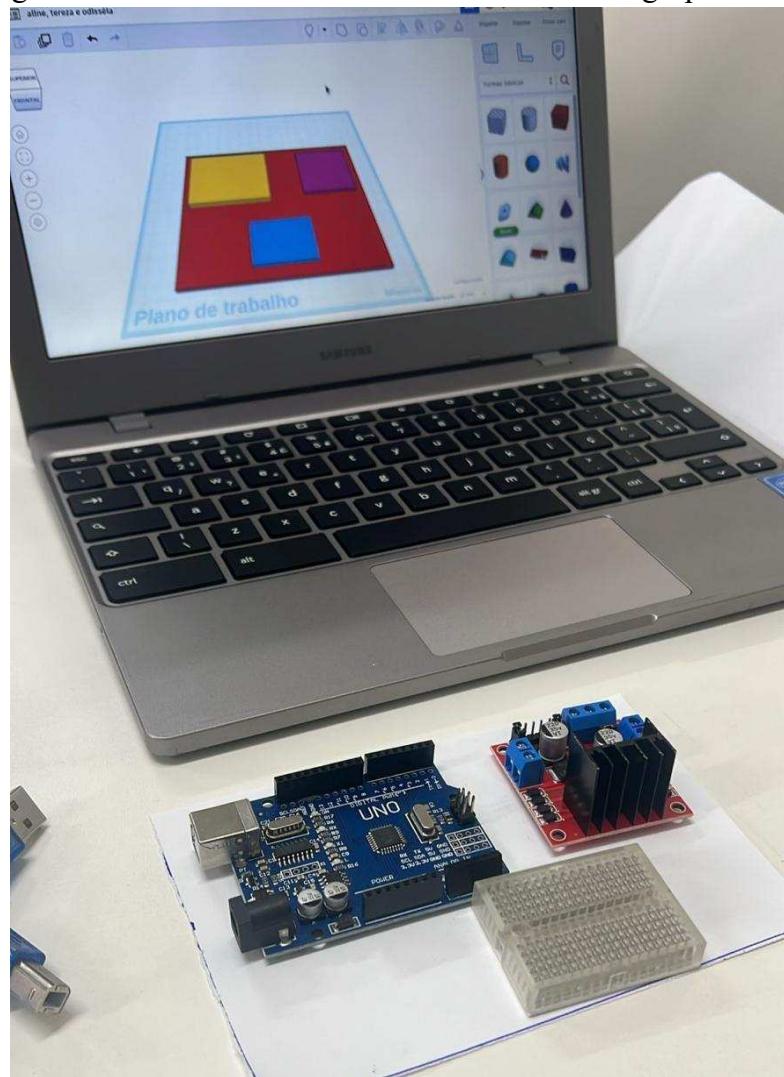
Figura 11 – Esboço no papel elaborado por P32 e P61



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Ao transitar para o ambiente do *Tinkercad*, os participantes começaram a construir os modelos tridimensionais. Nesse contexto, surgem reflexões sobre escalas e proporções, como a questão levantada por P54, que perguntou: “*Se fizer grande, tem como diminuir proporcionalmente?*”. Esse momento, característico da fase de formulação, está registrado na Figura 12, que mostra o desenvolvimento do modelo da equipe de P35, evidenciando claramente a correspondência entre o esboço no papel (visível sobre a mesa) e o projeto digital na tela.

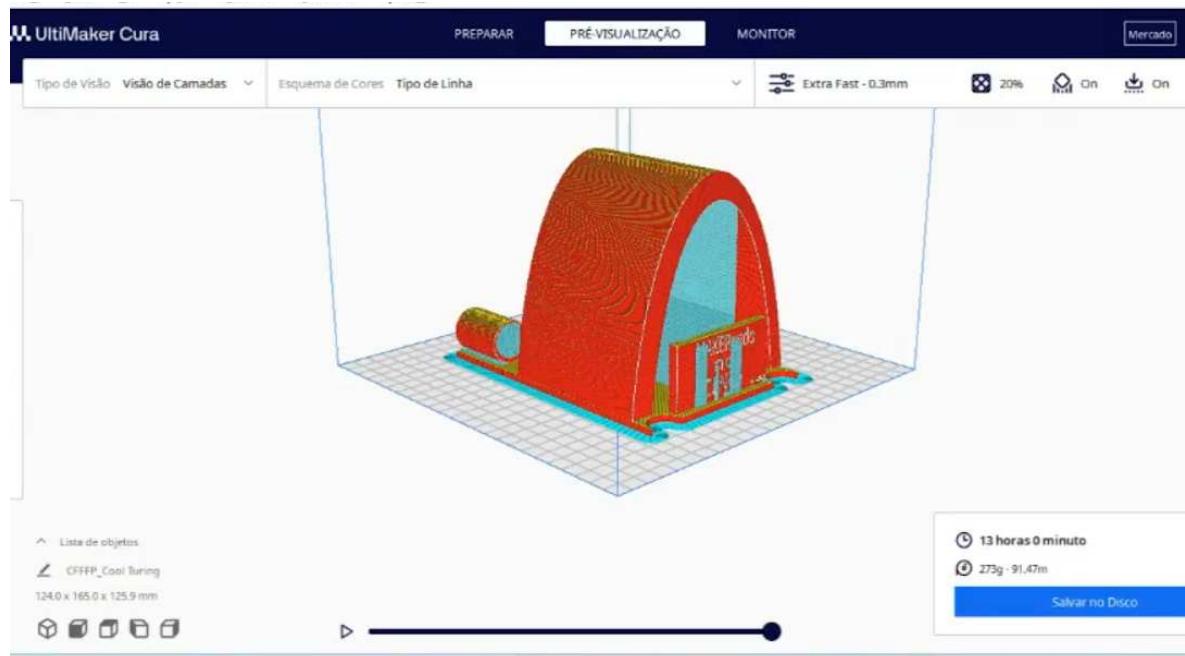
Figura 12 – Modelo desenvolvido no *Tinkercad* no grupo de P35



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Após finalizar a modelagem no *Tinkercad*, os participantes passaram para a fase de validação, utilizando o *Ultimaker Cura*, onde puderam conferir se o modelo estava adequado para a impressão, como mostra a Figura 13. Esse processo incluiu ajustes de medidas, reorganização de elementos e verificação da ocupação da área da plataforma de impressão.

Figura 13 – Visualização do modelo no *Ultimaker Cura* antes da impressão



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A validação culminou no processo de impressão 3D, documentado na Figura 14, que mostra um dos *chassis* sendo impresso, e na Figura 15, que apresenta os modelos já finalizados, prontos para a montagem dos componentes eletrônicos.

Figura 14 – Processo de impressão 3D do *chassi*



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 15 – Modelos finalizados após a impressão 3D



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Na fase de institucionalização, cada grupo apresentou seu projeto, compartilhando as soluções adotadas e refletindo sobre os desafios enfrentados. Esse momento é ilustrado na Figura 16, que registra o participante P42 apresentando seu projeto, e na Figura 17, com o P17.

Figura 16– Apresentação do projeto pelo P42



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 17 – Apresentação do projeto pelo P17



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

As apresentações foram acompanhadas de reflexões que demonstraram a apropriação dos conceitos de área, perímetro, proporção, simetria e raciocínio espacial, além da aplicação clara do PC e da lógica da Cultura *Maker*.

P17 destacou: “*Percebi que precisava pensar nas áreas pra encaixar tudo... usei circunferências, retângulos, e também volume, porque aqui tudo é 3D. Teve peça que precisei cortar, calcular pela diferença das áreas*”.

Na mesma linha, P12 refletiu: “*A gente nem pensou muito em área e perímetro no começo... mas quando entendeu o tamanho da plataforma, ficou claro que precisava trabalhar isso. Não ia caber se não calculasse direito*”.

P7 reforçou: “*Percebi que a área da roda, que parece quadrada, na verdade não é. Ela tem uma curvatura. Isso foi essencial pra pensar onde colocar cada coisa, pra ter estabilidade*”.

P24 complementou, enfatizando o raciocínio sequencial: “*Pensar de forma computacional é isso... tem que fazer uma coisa, depois outra. Eu pensei como se o carro estivesse de cabeça pra baixo, comecei pelos suportes e depois fui completando. Se não seguir uma sequência, não funciona*”.

Sob uma perspectiva de aprendizagem, P16 comentou: “*Ninguém constrói um carro do nada... tem que ter um exemplo. Eu nem sabia o que era chassi. Depois que vi, fizemos as medidas, organizamos. Aí quando dava errado, ajustamos e aprendemos. Isso me fez entender como é importante ter uma base*”.

P21 compartilhou: “*Meu modelo ficou grande demais e não deu pra imprimir. Aí percebi que precisava pensar no espaço da impressora, no perímetro, nas medidas certas... senão não ia funcionar*”.

P58 reforçou a importância da proporcionalidade: “*Se não entender medida, espaço... não dá certo. Se faz pequeno demais, não cabe. Se faz grande, não imprime. Tem que ter um padrão e entender como organizar*”.

Por sua vez, P42 destacou a relação entre simetria e estabilidade: “*Aqui ficou claro que se não tiver simetria o chassi fica torto, não tem equilíbrio. Então fiz os dois lados exatamente iguais, cuidando sempre do centro de massa*”.

P35 sintetizou bem o espírito da atividade: “*Nunca tinha usado uma impressora 3D. Quando comecei a colocar o Arduino no chassi, vi que não cabia. Aí aumentei... e foi assim, resolvendo os problemas, ajustando. É tudo sobre espaço, medida, distribuição... isso é Geometria pura*”.

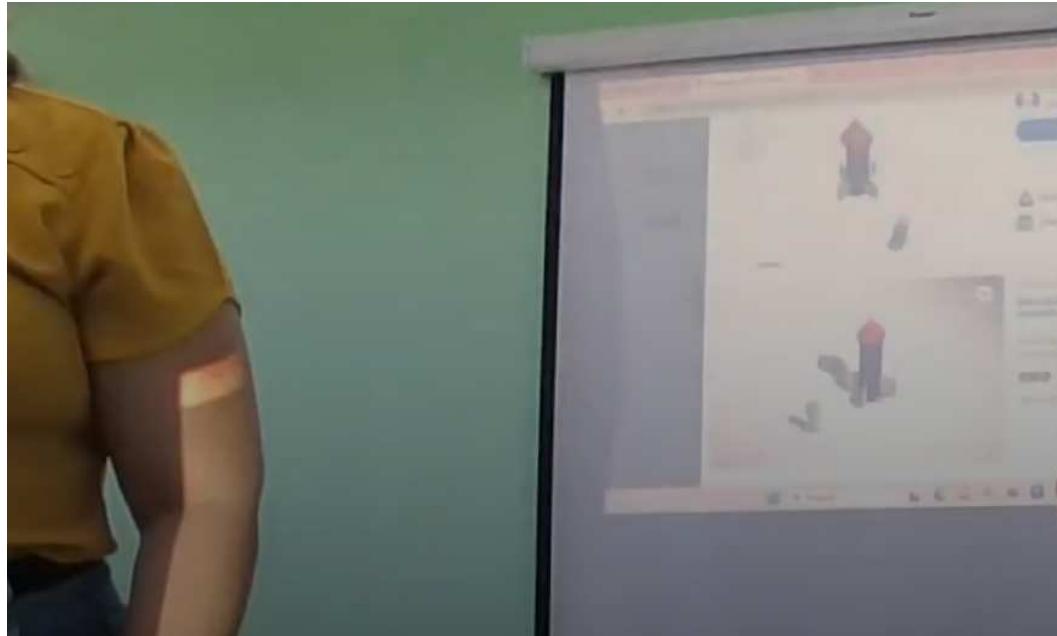
Entre as apresentações, houve um relato muito interessante que foi o de P35, que destacou ter replicado a atividade em sua escola durante a Feira de Ciências, cujo tema era Cultura Digital e Inteligência Artificial. Segundo ela:

“*Levei a proposta pra escola... Pedi que os alunos modelassem um robozinho, usando o Tinkercad. Eles foram além e criaram até um foguete. A escola tem laboratório Maker, mas estava parado... então usamos a impressora, o kit de robótica e começamos. Foi a primeira vez que trabalharam com modelagem digital, porque antes eu só fazia esse tipo de atividade no papel*”.

(P35)

Essa experiência evidencia que os conhecimentos construídos na sequência foram imediatamente apropriados e aplicados, transformando práticas docentes e promovendo um uso efetivo da Cultura *Maker*, da modelagem 3D e da robótica no ensino de Geometria e tecnologia. A Figura 18 ilustra esse processo por meio da apresentação da participante P35, que compartilhou uma atividade realizada com seus alunos. Nessa aula, ela propôs que os estudantes criassem modelos no Tinkercad utilizando formas geométricas básicas, como cubos, prismas e esferas.

Figura 18 – Apresentação de P35 exibindo o foguete modelado pelos alunos no *Tinkercad*



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A sequência proposta impactou a prática escolar, extrapolando os limites do curso e fortalecendo a conexão entre Matemática, Fabricação Digital e Cultura *Maker*. As reflexões compartilhadas demonstram uma compreensão sólida dos conceitos matemáticos, articulados com as práticas da Fabricação Digital, Cultura *Maker* e raciocínio computacional, resultando em uma aprendizagem concreta e aplicável (Blikstein; Valente; Moura, 2020).

Nesse contexto, a atividade de modelagem desenvolvida no ambiente *Tinkercad* consolidou essa articulação, permitindo que os participantes alcançassem os objetivos estabelecidos para esta situação didática. Tal construção evidenciou a capacidade dos participantes em integrar fundamentos matemáticos ao planejamento espacial, assegurando tanto a organização dos componentes eletrônicos quanto a adequação dos modelos digitais às exigências da impressão 3D.

### 5.1.2 Validação da Situação didática 2

A segunda situação didática foi iniciada com a apresentação dos materiais produzidos previamente, por meio de Fabricação Digital, que incluíam *chassis* e suportes impressos em 3D, além dos componentes eletrônicos necessários, como motores, ponte H, Arduino Uno, suporte de pilhas e roda boba. Na Figura 19, observa-se o conjunto de materiais organizados nas bancadas, que serviram de base para a realização da tarefa proposta: montar e programar um PMA capaz de percorrer 40 centímetros em linha reta e realizar uma curva de 90 graus,

mobilizando conhecimentos de Geometria, eletrônica, raciocínio espacial e PC, dentro da lógica da Cultura *Maker*.

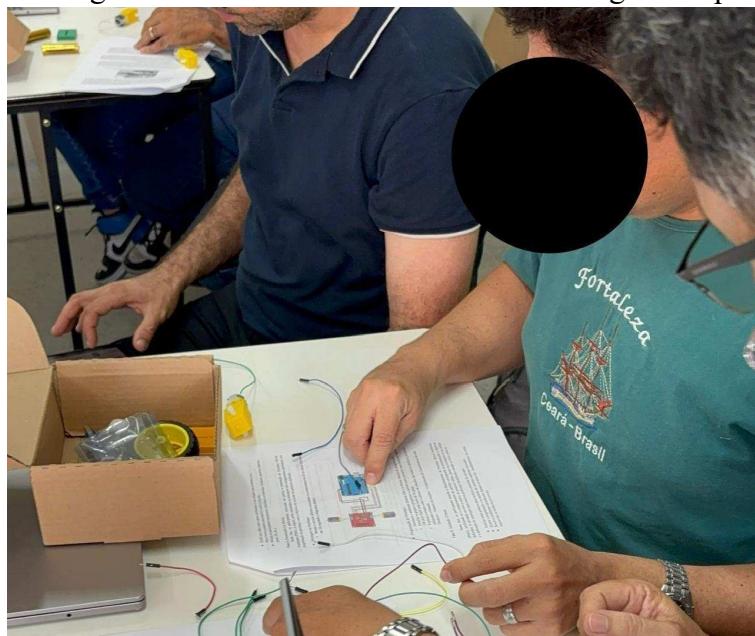
Figura 19 – Materiais impressos em 3D e componentes utilizados na montagem do PMA



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O início da atividade foi marcado pela exploração dos componentes eletrônicos e pela análise dos diagramas de montagem do circuito, representado na Figura 20, que guiou os participantes na identificação das ligações elétricas e na compreensão da função de cada elemento do sistema.

Figura 20 – Diagrama do circuito elétrico do PMA entregue aos participantes



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Esse momento foi intensamente colaborativo. Enquanto alguns participantes testavam motores ligados diretamente às pilhas, como registrado na Figura 21, com P39, P51 e P50, outros, como P35, P36 e P52, dedicavam-se à interpretação dos diagramas para compreender como realizar as conexões corretamente. Esse episódio ficou marcado pela interação: “*Quinta casinha de lá pra cá*”, disse P35, enquanto P36 contava: “*Um, dois, três, quatro, cinco*”. E P35 completava: “*Não sei o que é não, mas era pra estar aqui... tô tentando decifrar... acho que vai precisar de mais jumper*”.

Figura 21 – Equipes explorando os materiais, testando motores e interpretando o diagrama do circuito

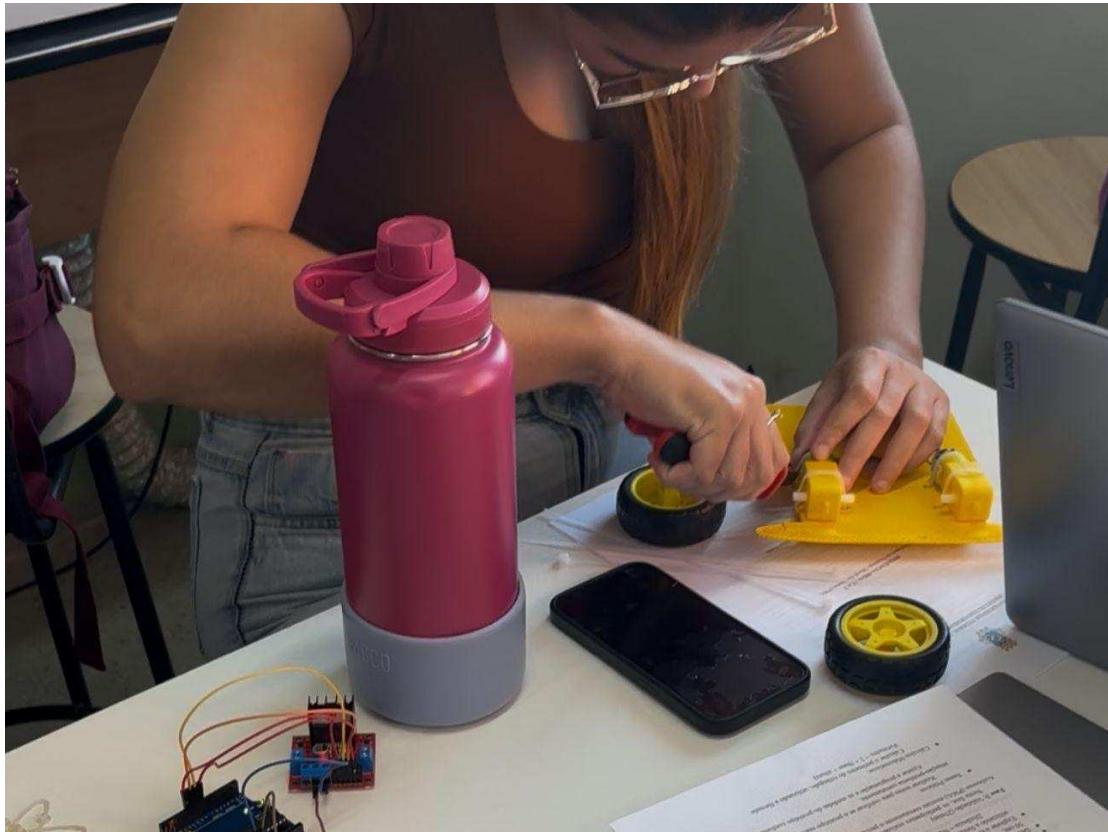


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Concluído esse entendimento inicial, as equipes avançaram para a fase de formulação, momento em que iniciaram a montagem efetiva dos sistemas elétricos e a fixação dos componentes no *chassi*. A Figura 22 apresenta registros desse processo, evidenciando as diferentes soluções adotadas. P24 precisou realizar cortes no *chassi* para permitir o encaixe da roda, enquanto o grupo de P12 utilizou suportes e pinos impressos em 3D para garantir maior estabilidade na fixação dos motores. Outros participantes, como P26 e P21, optaram por soluções mais simples, utilizando ligas de borracha.

Durante essa etapa, surgiram desafios recorrentes, como a quebra de fios durante o manuseio dos motores, situação enfrentada por P25, P14, P24, P13, P6 e P58, que precisaram interromper momentaneamente suas atividades para realizar novas soldagens.

Figura 22 – Montagem dos circuitos e fixação dos componentes no *chassi*

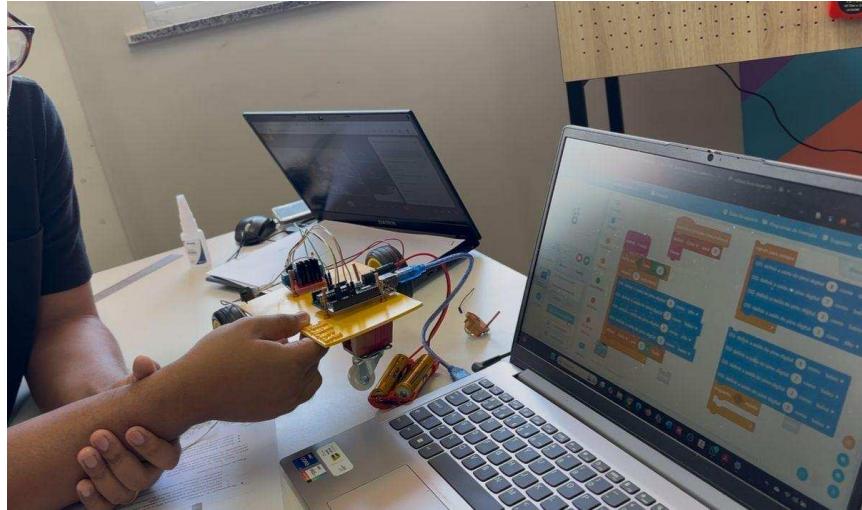


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Com a montagem física concluída, as equipes avançaram para a etapa de programação, como ilustrado na Figura 23, que apresenta os participantes em frente aos computadores, desenvolvendo os códigos no ambiente *Mblock*. Nesse momento, surgiram discussões fundamentais para a compreensão da lógica dos algoritmos aplicados à movimentação do robô. P6 explicou: “*Quando inverter o alto e o baixo desses pinos, uma roda gira pra um lado e a outra pro outro... assim faz a curva*”. P12 complementou: “*Aqui vai ser o momento da curva*”. P63 e o P39 também compartilharam reflexões semelhantes, demonstrando como esse raciocínio estava se consolidando entre os participantes.

Paralelamente, P42 utilizou seus próprios componentes, colocando quatro motores e quatro rodas, e explorou uma abordagem mais avançada, integrando sensores de cor (RGB) e um módulo *Bluetooth*, com o qual controlava seu PMA diretamente pelo celular. Seu objetivo era aperfeiçoar o funcionamento do robô para que se deslocasse de forma autônoma, reconhecendo cores no trajeto.

Figura 23 – Desenvolvimento dos códigos no ambiente *Mblock*

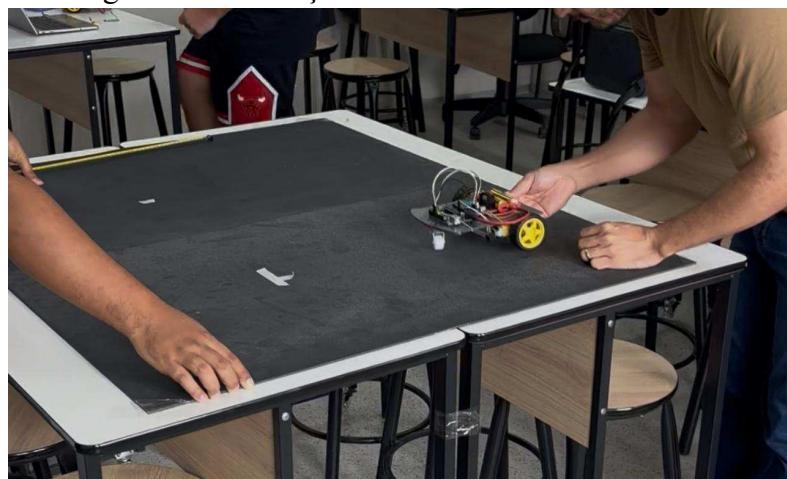


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A etapa de validação foi vivenciada com intensa experimentação na mesa de testes, como mostra a Figura 24. A cada tentativa, ajustes eram feitos na lógica dos códigos e na configuração dos motores. P24, por exemplo, percebeu que seu robô fazia curvas muito abertas e aplicou uma solução prática, relatando posteriormente durante a fase de institucionalização: “*Resolvi diminuindo o tempo pela metade... tava girando demais*”, relato que fez durante a institucionalização para toda a turma. Situação semelhante ocorreu com P26, P17, P36 e P52.

P58, por sua vez, implementou uma solução eficiente utilizando um bloco de repetição, que permitia ao PMA executar uma trajetória quadrada: “*Usei o bloco de repetição pra eu não me preocupar em ter que desligar a alimentação para iniciar o algoritmo que movimenta o protótipo. Assim ele faz o percurso certinho*”.

Figura 24— Validação dos PMAs na mesa de testes



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A etapa de institucionalização demonstrou ser um período crucial para a sistematização das aprendizagens e experiências adquiridas ao longo da Sequência Didática. Esta fase possibilitou aos participantes uma reflexão aprofundada sobre os conceitos empregados, os obstáculos superados e as soluções implementadas durante o processo de concepção e programação dos protótipos. A Figura 25 ilustra uma das equipes em apresentação para a turma.

Figura 25– Apresentação dos projetos pelos participantes



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

De maneira recorrente entre os relatos, os participantes destacaram que os primeiros desafios emergiram já na etapa de modelagem digital dos *chassis*, especialmente na necessidade de compreender e aplicar conceitos geométricos relacionados à composição de formas, medidas, simetria, proporcionalidade e organização espacial. Segundo P6, “*Desde a modelagem 3D até os ajustes finais na programação, tudo exigiu raciocínio geométrico. Precisamos pensar em medidas, encaixes, paralelismo, simetria... sai da Geometria do quadro e vai pra prática*”. P21 complementou essa percepção ao relatar que “*foi difícil combinar as formas geométricas... fazer a dianteira arredondada, abrir espaço pros fios, calcular as medidas pra caber tudo sem sobrar nem faltar*”. P17, ao refletir sobre esse processo, destacou que “*desde o início, ao preparar o protótipo, você já trabalha a área da superfície da impressora, pensa nas medidas, no espaço do chassi... cada um construiu um formato diferente, cada um com um pensamento geométrico específico*”.

P26 acrescentou a esse raciocínio que, no momento de projetar, levou em consideração o peso e a distribuição dos componentes: “*Pensei na disposição dos materiais pra evitar que, com a força do motor, o carrinho levantasse a frente*”, evidenciando uma compreensão aplicada dos conceitos de equilíbrio, centro de massa e organização espacial.

Além dos desafios geométricos relacionados à modelagem, surgiram, de forma recorrente, dificuldades operacionais na montagem física dos protótipos, particularmente no manuseio de fios, soldagem e fixação dos componentes. P6 relatou durante a institucionalização que “*se a gente tivesse mais experiência com solda, parafuso, montagem... resolveríamos em meia hora o que levamos três horas*”, uma percepção compartilhada também nessa etapa por P14 e P36, que descreveram suas dificuldades com a eletrônica como um obstáculo relevante, mas que, ao mesmo tempo, representou uma oportunidade de aprendizado coletivo, a partir da colaboração com colegas mais experientes.

No campo da programação, os participantes convergiram na compreensão de que o principal desafio residiu em assimilar a lógica que rege o controle dos motores, especialmente no que se refere à realização da curva de 90 graus. P58 explicou que “*quando se entende que para fazer uma curva é necessário parar um motor e deixar o outro em funcionamento, percebe-se que não se trata de ângulo, mas de tempo. A curva não é determinada pelo ângulo, mas pelo tempo... se o objetivo é virar mais, o motor deve permanecer ligado por mais tempo*”, uma lógica que P58 aplicou e complementou: “*Utilizei blocos de repetição para evitar desligamentos constantes... o robô avança, gira, avança novamente... dessa forma, realiza o percurso de maneira precisa*”.

Da mesma forma, P6 elucidou que “*na programação, o controle do robô não se dá diretamente por ângulos, mas manipulando tempo e potência dos motores para gerar movimento, isso é Geometria aplicada a um problema real*”. P54, ao refletir sobre esse processo, relatou que buscou apoio até mesmo em ferramentas externas para compreender essa lógica: “*O ChatGPT me deu a ideia... descobri que precisava deixar uma roda girando e as outras paradas. Aí entendi como fazia*”.

As discussões sobre o PC emergiram de forma transversal durante as apresentações nas falas, evidenciando que os participantes reconheceram esse conceito como estruturante em todo o desenvolvimento do projeto. P6 sintetizou essa percepção ao afirmar que “*o Pensamento Computacional esteve presente o tempo inteiro... desde decompor o problema pra projetar o chassi, organizar as peças no espaço, até entender a lógica dos blocos na programação. Pra frente aciona duas rodas, pra trás inverte, pra virar mantém uma ligada e desliga a outra. Tudo é raciocínio sequencial, tudo é algoritmo*”. P7 também destacou esse

aspecto, enfatizando que “achei que era só ligar blocos, mas percebi que existe uma sequência, um motivo... tem uma lógica que faz tudo funcionar”. P61, por sua vez, reforçou que “a cada aula a gente resolvia um problema... desde a modelagem do chassi até agora na programação, que ainda estamos sofrendo um pouco pra fazer o percurso retangular”, o que evidencia como o processo se consolidou como um encadeamento lógico de etapas de decomposição, planejamento, execução, validação e ajustes (Wing, 2008).

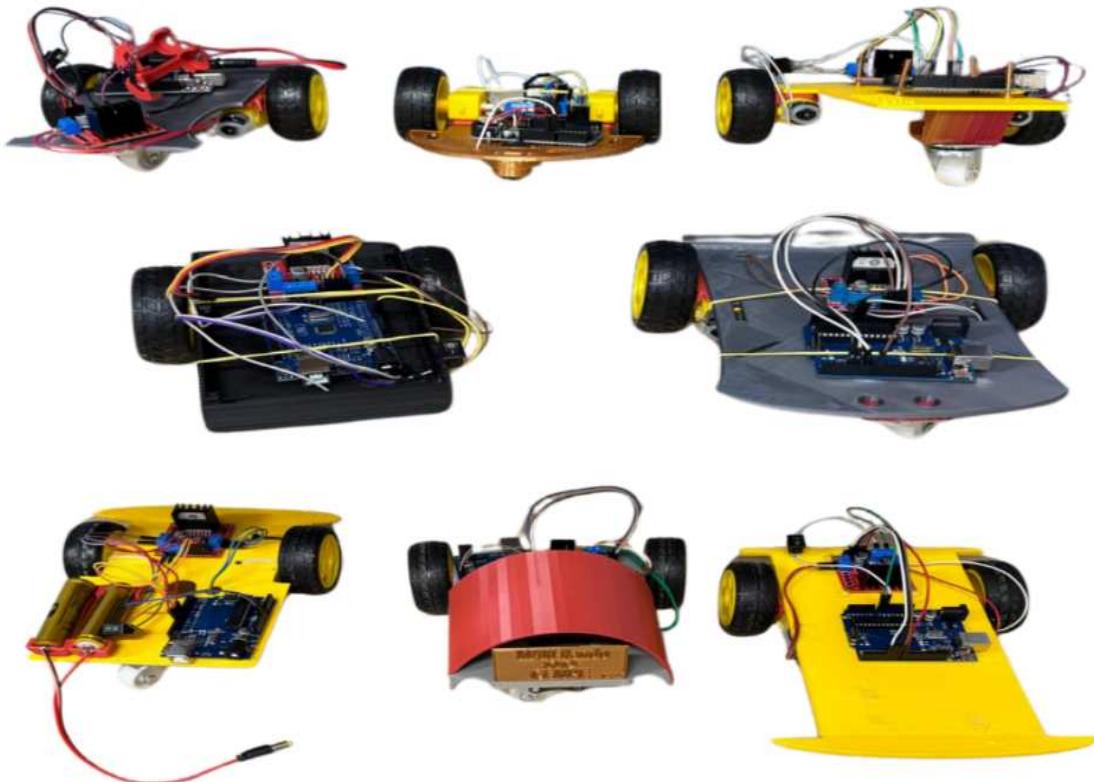
Paralelamente aos desafios técnicos, as reflexões pedagógicas se destacaram, especialmente no reconhecimento do potencial da robótica como estratégia para tornar o ensino de Geometria mais significativo. P7 explicou que “o aluno sempre pergunta: onde eu vou usar isso? Aqui ele vê... entende que o quadrado, a medida, não é só uma figura, mas faz parte de um poliedro, de uma construção real”. De maneira semelhante, P33, inicialmente insegura por ser professora de Geografia, reconheceu rapidamente a conexão entre robótica, Geometria e sua disciplina, refletindo que “a robótica tem tudo a ver com mapas, escalas, construção urbana... comecei a pensar nisso e vi que faz muito sentido dentro da minha área”.

P36 compartilhou que aplicou os conhecimentos do curso com seus alunos na sala de informática, desenvolvendo uma atividade chamada “Cidade Geométrica”, utilizando o *Tinkercad*. Na proposta, os estudantes do 4º e 5º ano deveriam construir uma cidade apenas com sólidos geométricos de forma prática e lúdica. Segundo ela, “criei turmas dentro do *Tinkercad*, cada aluno recebeu um login e nossa proposta era construir uma cidade só utilizando sólidos geométricos. Eles se empolgaram tanto que até queriam ir além do que eu propus”. Da mesma forma, P3 destacou que “meu oitavo ano está vendo os sólidos geométricos se eu os levar para o laboratório com uma atividade dessas, eles terão uma visão dos sólidos geométricos além do que é ensinado em sala de aula. Será uma aula lúdica onde eles interagirão, terão um contato maior e conseguirão fixar melhor o conteúdo.”.

Por fim, as discussões também revelaram um consenso quanto à importância do erro como parte indissociável do processo de aprendizagem, não apenas na lógica da programação, mas também na modelagem, montagem e validação dos protótipos. P17 sintetizou essa percepção ao afirmar que “cabe ao professor deixar de livre e vontade o erro... errou, tenta de novo, até chegar um momento que acerta. E aí aprende de verdade”. Essa concepção foi reforçada por P35, que observou: “Se a nossa geração já não suporta frustração, imagina a geração que a gente ensina... então esse processo de errar e tentar de novo ensina muito mais do que qualquer outra coisa”.

Essas reflexões registradas, bem como os protótipos desenvolvidos pelos participantes, ilustrados na Figura 26, confirmaram o alcance dos objetivos da sequência 2.

Figura 26 – Protótipos desenvolvidos pelos participantes



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os participantes compreenderam o funcionamento dos circuitos, aplicaram conceitos de Geometria na montagem do *chassi* e na organização dos componentes, além de desenvolverem habilidades de programação. A fase de institucionalização evidenciou que as soluções adotadas estavam alinhadas aos objetivos propostos para esta situação didática.

### 5.1.3 Validação da Situação didática 3

O planejamento da terceira Situação Didática foi concebido a partir de uma contextualização prática e atual, ancorada na automação do setor agrícola. Como ponto de partida, foi apresentado aos participantes um exemplo real de inovação tecnológica: os tratores autônomos desenvolvidos pela CNH Industrial, capazes de operar sem intervenção humana, utilizando sensores e inteligência artificial. Este exemplo teve como objetivo não apenas despertar o interesse dos participantes, mas também criar uma conexão direta entre a Robótica Educacional, a Cultura *Maker* e a aplicação dos conceitos matemáticos na resolução de problemas reais (Figura 27).

Figura 27 – Contextualização da sequência com vídeo sobre trator autônomo



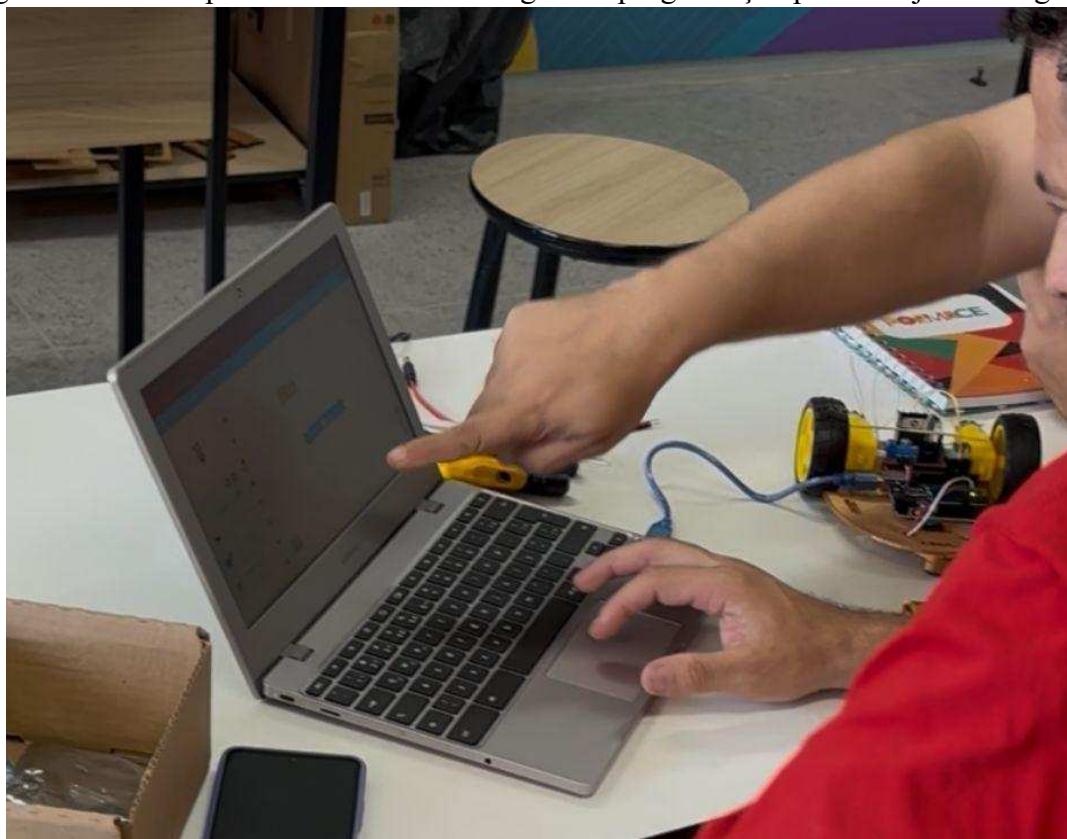
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A situação-problema desafiou os participantes a programar um Protótipo Móvel Autônomo (PMA) para percorrer um trajeto retangular, deslocando-se 40 cm, realizando uma curva de 90 graus, seguindo por mais 50 cm, completando esse ciclo até retornar ao ponto de partida. Além disso, foram convidados a refletir sobre os conceitos de perímetro e área associados à figura descrita pelo trajeto do robô.

O desenvolvimento da atividade iniciou-se pela fase de Ação, em que os participantes foram provocados a pensar sobre como transpor a lógica desenvolvida na sequência anterior, que envolvia percorrer uma trajetória retilínea e virar 90°, para a nova configuração, que exigia o desenvolvimento de um trajetória retangular. Este momento foi marcado por intensa movimentação dos grupos na tentativa de compreender a relação entre o tempo de ativação dos motores e a distância percorrida, bem como os ajustes necessários para que as curvas de 90 graus fossem corretamente executadas.

A colaboração se fez presente de forma constante. Os participantes P6, P7 e P12, por exemplo, além de dialogarem sobre a lógica do código, auxiliaram colegas como P58 e P25, compartilhando estratégias relacionadas à criação de blocos de funções no ambiente *Mblock* (Figura 28). P17 e P26, por sua vez, engajaram-se em uma discussão sobre a lógica de programação, demonstrando dificuldades particularmente no uso de blocos condicionais, como o bloco "espere", evidenciando um obstáculo típico de quem tem pouco domínio sobre estruturas algorítmicas.

Figura 28 – Participantes discutindo estratégias de programação para o trajeto retangular



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Durante os testes, outros desafios emergiram. O veículo do grupo de P32 e P61 apresentava comportamento inesperado, girando continuamente sem realizar os deslocamentos lineares. Foi necessário intervir, verificando a possibilidade de defeito em uma das rodas, que comprometia o funcionamento do PMA. P3, igualmente, enfrentou dificuldades e solicitou baterias para realizar seus testes, mobilizando a colaboração entre os grupos, uma vez que o empréstimo de componentes entre as equipes tornou-se uma prática recorrente durante a sequência.

Além disso, P3 manifestou dúvidas específicas sobre a lógica dos blocos no ambiente *Mblock*, destacando que, embora já possuísse familiaridade com a linguagem de programação por blocos no *Scratch*, percebeu que o *Mblock* apresentava uma estrutura diferente, sobretudo na construção de funções e *loops*, importantes para a realização do percurso retangular.

Na fase de Formulação, os participantes passaram a se concentrar na construção e otimização dos algoritmos. P6, refletiu sobre essa etapa afirmando que “*antes, com o quadrado, era fácil repetir... agora precisamos reconhecer um novo padrão, o padrão do retângulo, e isso exigiu repensar as variáveis do código*”. A criação de funções, por meio de blocos personalizados, tornou-se uma estratégia comum, permitindo reduzir a quantidade de comandos e organizar a lógica do programa. P58 reforçou essa estratégia ao comentar que “*se*

*eu fosse fazer tudo na sequência, ia ficar muito bloco... então criei uma função só pra andar e outra pra virar”.*

As equipes também debateram sobre como estabelecer a relação entre tempo de execução dos motores e a distância percorrida, embora, na prática, essa conversão tenha sido mais empírica do que formal. Mesmo com essas soluções, surgiram obstáculos, especialmente no ajuste preciso do tempo para realizar as curvas e na diferença de desempenho entre os veículos, atribuída a fatores como peso do *chassi*, distribuição dos componentes e até desgaste das pilhas.

Durante essa fase, P7 relatou que sua equipe precisou realizar modificações estruturais no PMA, como a substituição da roda boba, que estava comprometendo a execução das curvas. Segundo ele, “*a gente viu que o carrinho rodava mais do que devia... trocamos a roda boba, e aí melhorou*”. Essa intervenção revelou a importância da articulação entre aspectos físicos e computacionais no desenvolvimento de soluções robóticas (Figura 29).

Figura 29 – Testes dos PMAs na mesa de experimentação



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Na fase de Validação, os testes foram fundamentais para avaliar os algoritmos desenvolvidos. Enquanto alguns grupos conseguiram ajustar os tempos de deslocamento linear, a execução das curvas seguiu como um ponto crítico. P17 e P26, após várias tentativas, ajustaram o tempo dos motores e relataram: “*Na primeira tentativa, o carrinho passou mais do que 90 graus... depois, ajustamos o tempo da curva e ele conseguiu fazer certo*”. P21 resumiu a dificuldade ao dizer: “*Percebemos que aquela quantidade de bloco não era*

*suficiente... tivemos que criar uma função nova pra conseguir fazer o caminho do retângulo”.* Este relato evidencia o desenvolvimento do raciocínio algorítmico e do PC, especialmente nas competências de decomposição, reconhecimento de padrões e criação de abstrações.

A fase de Institucionalização foi conduzida por meio de uma roda de conversa, na qual os participantes compartilharam reflexões sobre a atividade, as aprendizagens construídas e os desafios enfrentados. P37 destacou que “*desde a modelagem no Tinkercad, usamos paquímetro, tiramos medidas... isso trouxe a Geometria pra prática*”, enquanto P56 complementou: “*a construção do chassi e o ajuste do tamanho pra colocar os componentes são pura Geometria... cada grupo fez de um jeito, cada um aplicou seu raciocínio*”.

Ao refletir sobre a integração da Cultura *Maker* e da Robótica Educacional, P6 explicou de forma consistente: “*A programação do Arduino baseia-se no tempo de duração do motor. Assim, teríamos que converter, ou melhor, tentar criar uma relação entre o tempo e a distância; o tempo de ativação de cada um dos motores para andar em linha reta e, depois, a ativação de um único motor para fazer a curva, gerando tanto o ângulo quanto o segundo segmento do retângulo*”. Também alertou sobre os riscos de a tecnologia se tornar mais atraente do que o próprio conteúdo se o professor não conduzir intencionalmente a mediação, recuperando conceitos matemáticos ao longo do processo.

P12 reforçou essa reflexão ao afirmar: “*Perímetro e área foram aplicados no projeto muito mais do ponto de vista difuso do que intencional... então, é fundamental criar momentos no projeto pra objetivar esses conceitos, senão a gente fica só no fazer e perde a oportunidade de consolidar a Matemática*”. Esta fala revela uma análise crítica da própria sequência, sugerindo melhorias futuras.

P35 trouxe uma reflexão metodológica sobre sua prática, destacando a importância do planejamento por meio de Sequência Didática bem estruturadas: “*Vi que planejar em etapas faz toda diferença... eu costumo ir na doida, mas isso me mostrou como a sequência ajuda no aprendizado*”. P17, por sua vez, expressou o desejo de que o curso tivesse uma carga horária maior, sugerindo pelo menos 40 horas, o que foi reforçado por outros participantes. Ao final, P35 solicitou um espaço para divulgar um ambiente digital sobre Cultura *Maker* que ela desenvolveu, demonstrando o impacto do curso na ampliação de sua prática profissional.

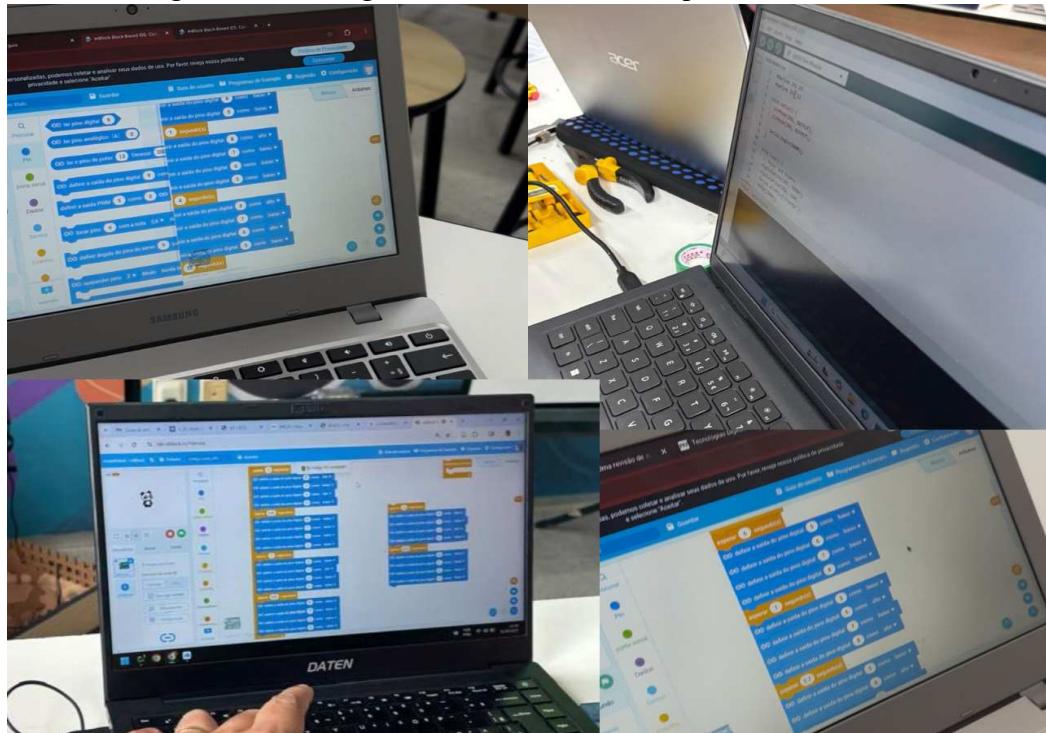
Essas reflexões, assim como as discussões sobre os desafios, as estratégias e as soluções adotadas ao longo do desenvolvimento do projeto, foram acompanhadas pela socialização em uma roda de conversas (Figura 30). Posteriormente, na Figura 31, são apresentados alguns códigos construídos pelos participantes.

Figura 30– Roda de conversa na fase de institucionalização



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Figura 31 – Códigos desenvolvidos na Sequência Didática 3



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A validação dos trajetos programados confirmou o alcance dos objetivos da sequência 3. Os participantes aplicaram conceitos de Geometria na programação do PMA, utilizando blocos de repetição e ajustes de tempo. A fase de institucionalização evidenciou a compreensão da relação entre programação, deslocamento e Geometria, consolidando a proposta de construir e programar o PMA para realizar um percurso retangular, conforme os objetivos definidos para esta situação didática.

Diante da análise realizada, constata-se que os objetivos propostos para esta situação didática foram, em sua maioria, plenamente alcançados. A montagem do Protótipo Móvel Autônomo (PMA), utilizando Arduino, motores DC, a ponte H e os componentes impressos em 3D, foi concluída com sucesso por praticamente todas as equipes, ainda que, em alguns casos, tenham surgido desafios relacionados à fixação dos componentes, à organização dos fios e à resistência dos materiais. Essas dificuldades, entretanto, foram superadas por meio da colaboração entre os participantes e da mediação do formador, caracterizando um processo de construção coletiva de soluções.

No que se refere à compreensão do funcionamento básico do circuito elétrico, observa-se que os participantes demonstraram domínio crescente sobre o papel da ponte H, dos motores, da chave liga-desliga e da distribuição de energia, tanto na teoria quanto na prática, evidenciado nas discussões durante a fase de institucionalização. As dificuldades iniciais, sobretudo na soldagem e nas conexões dos fios, foram sendo superadas à medida que os testes eram realizados, reforçando a aprendizagem por tentativa e erro, prevista na lógica da Cultura *Maker*.

Além disso, ficou evidente que os conceitos geométricos, especialmente aqueles relacionados a medidas, proporções, simetria, organização espacial e raciocínio proporcional, foram mobilizados ao longo de toda a atividade. A modelagem no *Tinkercad*, o ajuste das dimensões do *chassi*, a disposição estratégica dos componentes e até mesmo as decisões sobre o posicionamento das rodas revelaram a aplicação concreta desses conceitos, de forma alinhada ao objetivo proposto.

A resolução da situação-problema, que consistia em montar e programar o PMA para realizar deslocamentos específicos, também foi amplamente atingida. As estratégias de programação, discutidas e ajustadas durante as fases de formulação e validação, mostraram que os participantes foram capazes de desenvolver habilidades básicas na criação de algoritmos, ainda que, em alguns casos, persistissem desafios relacionados à lógica dos comandos, especialmente na realização das curvas.

Por fim, o momento de socialização e institucionalização permitiu que cada grupo compartilhasse não apenas os resultados obtidos, mas também os processos, as dificuldades enfrentadas e as soluções adotadas, favorecendo a reflexão coletiva sobre a prática desenvolvida. Portanto, considera-se que os objetivos específicos desta sequência foram contemplados, evidenciando a efetividade da proposta tanto na integração dos conhecimentos matemáticos, tecnológicos e computacionais, quanto no desenvolvimento de competências

fundamentais para a prática docente no contexto da Cultura *Maker* e da Robótica Educacional.

Diante da análise realizada, constata-se que todas as etapas propostas pela TSD foram rigorosamente observadas e devidamente documentadas ao longo das três Situações Didáticas desenvolvidas. Embora tenham surgido alguns desafios metodológicos e operacionais durante a execução das atividades, estes foram superados por meio de intervenções pedagógicas e reorganizações pontuais, sem comprometer a consecução dos objetivos propostos.

Em determinados momentos, tornou-se necessário retomar aspectos da análise *a priori*, especialmente quando emergiram dificuldades relacionadas à construção dos algoritmos, ao ajuste dos parâmetros de tempo na programação dos protótipos e à apropriação dos conceitos geométricos envolvidos, como perímetro, área e ângulos. Ainda assim, a análise *a posteriori* demonstra que tanto o objetivo geral quanto os objetivos específicos de cada situação foram plenamente contemplados.

Os objetivos específicos, definidos na etapa de análise *a priori*, orientaram de maneira consistente o desenvolvimento das atividades, contribuindo para a mobilização dos saberes matemáticos, tecnológicos e computacionais previstos na proposta.

As maiores dificuldades estiveram concentradas na compreensão da lógica dos comandos, na parametrização dos movimentos dos protótipos, sobretudo na conversão de tempo em deslocamento linear, bem como na transposição dos conceitos geométricos para o ambiente prático da Robótica Educacional. Essas dificuldades, assim como as estratégias adotadas pelos participantes para superá-las ao longo das três Situações Didáticas, estão sintetizadas no Quadro 2, que organiza de forma sistemática os principais desafios enfrentados e as soluções construídas colaborativamente durante o desenvolvimento da pesquisa.

Quadro 2 – Síntese das dificuldades e estratégias observadas nas três Sequências Didáticas

Categoria	Dificuldades Observadas	Estratégias Adotadas
<b>Modelagem 3D (SD1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade em dimensionar corretamente o <i>chassi</i>.</li> <li>- Desafios na aplicação de perímetro, área e proporção.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Apoio coletivo entre participantes.</li> <li>- Utilização do paquímetro.- Ajustes no <i>Tinkercad</i> com apoio do formador.</li> </ul>
<b>Montagem física (SD2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fixação inadequada dos motores.- Rompimento de fios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Impressão de suportes extras.</li> <li>- Uso de ligas, pinos e cola quente.</li> <li>- Reforço nas conexões elétricas.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organização espacial dos componentes no <i>chassi</i>.</li> </ul>	
<b>Programação (SD3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade na lógica dos blocos de repetição.</li> <li>- Conversão tempo / deslocamento.</li> <li>- Curvas imprecisas (90°).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criação de blocos personalizados.</li> <li>- Testes sucessivos na mesa.</li> <li>- Interação entre equipes para ajustes.</li> </ul>
<b>Conceitos matemáticos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aplicação difusa de perímetro e área.</li> <li>- Compreensão parcial dos ângulos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Discussões mediadas pelo formador.</li> <li>- Sugestão de cálculo do percurso.</li> <li>- Análise dos erros no deslocamento.</li> </ul>
<b>PC e lógica</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sequenciamento incorreto de comandos.</li> <li>- Falhas na decomposição do problema.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construção colaborativa dos algoritmos.</li> <li>- Comparação de soluções entre equipes.</li> </ul>

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Diante dessas constatações, afirma-se que o desenvolvimento das três Situações Didáticas validou internamente o percurso metodológico adotado. As etapas da TSD foram adequadamente cumpridas, consolidando os objetivos de aprendizagem relacionados à Matemática e à Cultura *Maker*. Considera-se, assim, finalizada a validação interna da pesquisa, dada a observação do comportamento dos participantes e o aproveitamento desejável frente às três situações propostas.

## 5.2. Análise dos questionários (pré-teste) e (pós-teste)

Com o objetivo de ampliar a compreensão sobre os participantes da pesquisa, bem como identificar possíveis impactos do percurso formativo nas concepções, nos saberes e nas práticas docentes dos participantes, foram aplicados dois instrumentos: o questionário diagnóstico (pré-teste) e o questionário final (pós-teste). Ambos foram elaborados de forma a contemplar questões abertas, que possibilitam uma análise qualitativa das percepções, expectativas e aprendizados, e questões estruturadas segundo a escala de *Likert*, instrumento reconhecido por sua eficiência em mensurar atitudes e opiniões (Schermann, 2019).

A análise dos dados provenientes desses instrumentos oferece uma visão complementar à análise *a posteriori* da experimentação, possibilitando compreender como a

formação impactou as percepções, as práticas e os saberes dos professores participantes, bem como os possíveis deslocamentos conceituais ao longo do processo formativo.

A formação intitulada *“Introdução à Cultura Maker e à Robótica Educacional”* integra o escopo da pesquisa *“Explorando o Potencial da Cultura Maker e da Fabricação Digital no ensino de Geometria”*, e contou com um total de 60 participantes que responderam ao questionário diagnóstico (pré-teste) no início da formação. Ao final, 27 participantes responderam ao questionário final (pós-teste), sendo que apenas 25 participantes realizaram ambos os instrumentos, compondo, portanto, o grupo elegível para análises comparativas entre o pré e o pós-teste.

Diante desse cenário, a análise aqui apresentada será estruturada em três momentos:

- Primeiramente, são analisados os dados do questionário diagnóstico (pré-teste), considerando a totalidade dos 60 participantes, com o intuito de caracterizar o grupo inicial e compreender seus saberes, percepções, práticas e expectativas.
- Na sequência, são apresentados os resultados do questionário final (pós-teste), aplicado a 27 participantes, visando captar as percepções sobre o processo formativo, as aprendizagens construídas e as possíveis mudanças nas práticas e nas concepções docentes.
- Por fim, realiza-se a análise comparativa entre o pré-teste e o pós-teste, considerando exclusivamente os dados dos 25 participantes que completaram ambos os instrumentos, de modo a identificar avanços, permanências ou possíveis limitações no desenvolvimento dos saberes e práticas investigadas.

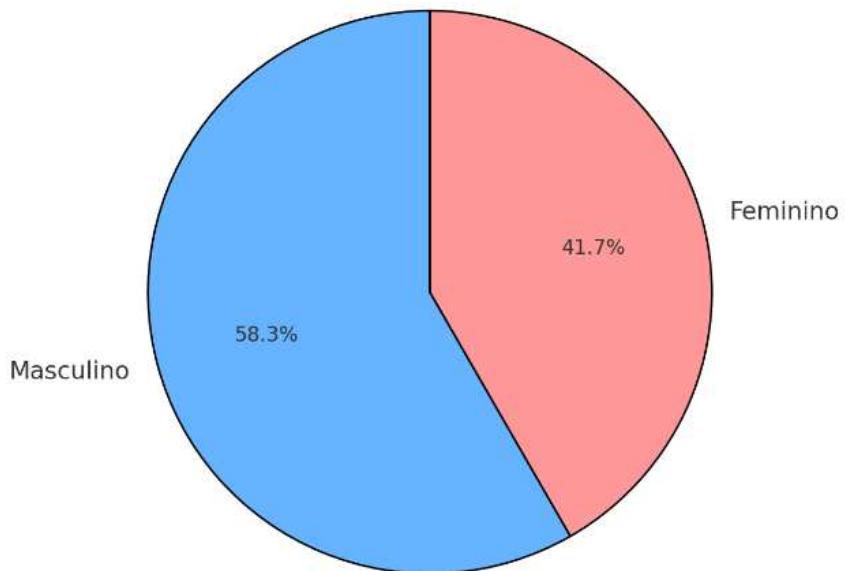
É importante destacar que, em consonância com os princípios éticos da pesquisa científica, a participação dos envolvidos ocorreu mediante aceite do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponibilizado no próprio formulário digital, juntamente com os dados de contato do pesquisador responsável, garantindo o direito ao esclarecimento de quaisquer dúvidas e a proteção dos dados dos participantes.

A análise do perfil dos participantes permite compreender a composição do grupo que participou da formação *“Introdução à Cultura Maker e à Robótica Educacional”*, no contexto da pesquisa *“Explorando o Potencial da Cultura Maker e da Fabricação Digital no ensino de Geometria”*. Este mapeamento inicial fornece subsídios relevantes para a interpretação dos dados e para a compreensão das relações entre os saberes docentes, as práticas pedagógicas e as experiências formativas dos participantes envolvidos.

No que se refere à variável gênero, observa-se uma predominância de docentes do sexo masculino (58,3%), enquanto as participantes do sexo feminino representam 41,7% da amostra. Esse dado revela uma participação majoritária masculina, embora a presença

feminina também se apresente de forma expressiva no grupo, como pode ser observado no Gráfico 1.

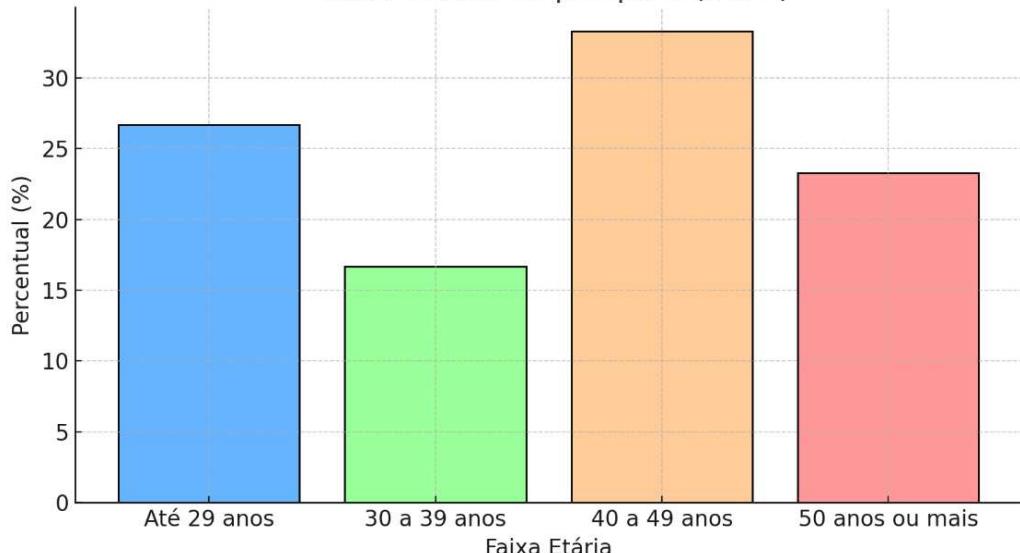
Gráfico 1– Distribuição de participantes por gênero.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A distribuição etária dos participantes revela uma predominância de professores com idade superior a 40 anos, sendo que 33,3% encontram-se na faixa de 40 a 49 anos e 23,3% possuem 50 anos ou mais, caracterizando um grupo composto majoritariamente por profissionais experientes. Os participantes mais jovens, com até 29 anos, representam 26,7% da amostra, enquanto aqueles com idade entre 30 e 39 anos correspondem a 16,7%, conforme ilustra o Gráfico 2.

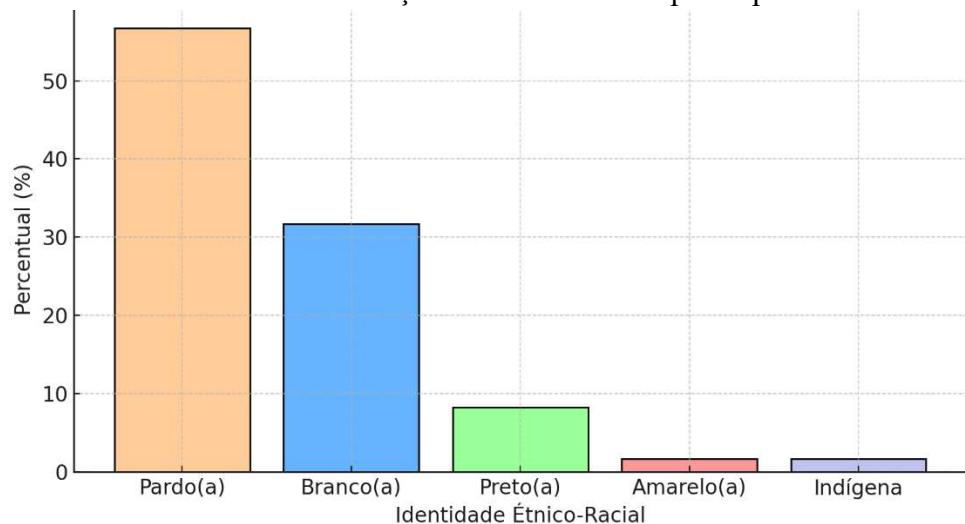
Gráfico 2– Distribuição de participantes por faixa etária.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

No que diz respeito à identidade étnico-racial, a maioria dos docentes se autodeclarou parda (56,7%), seguida por branca (31,7%) e preta (8,3%). Amarelo e indígena, ambos com 1,7%, foram as categorias menos representadas. Essa composição é apresentada no Gráfico 3, que evidencia a diversidade étnico-racial dos participantes.

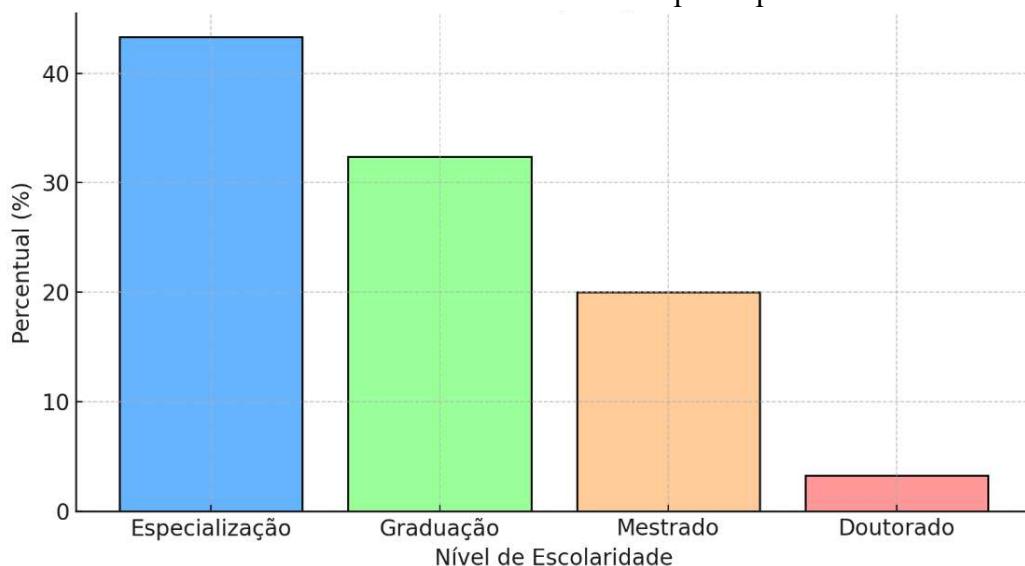
Gráfico 3– Distribuição étnico-racial dos participantes.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em relação à escolaridade, constata-se que a maior parte dos participantes possui especialização (43,3%), seguida daqueles com graduação em licenciatura (32,4%), mestrado (20%) e doutorado (3,3%). Esse panorama, visualizado no Gráfico 4, reflete um investimento significativo na formação continuada, considerando que mais de dois terços possuem pelo menos uma pós-graduação.

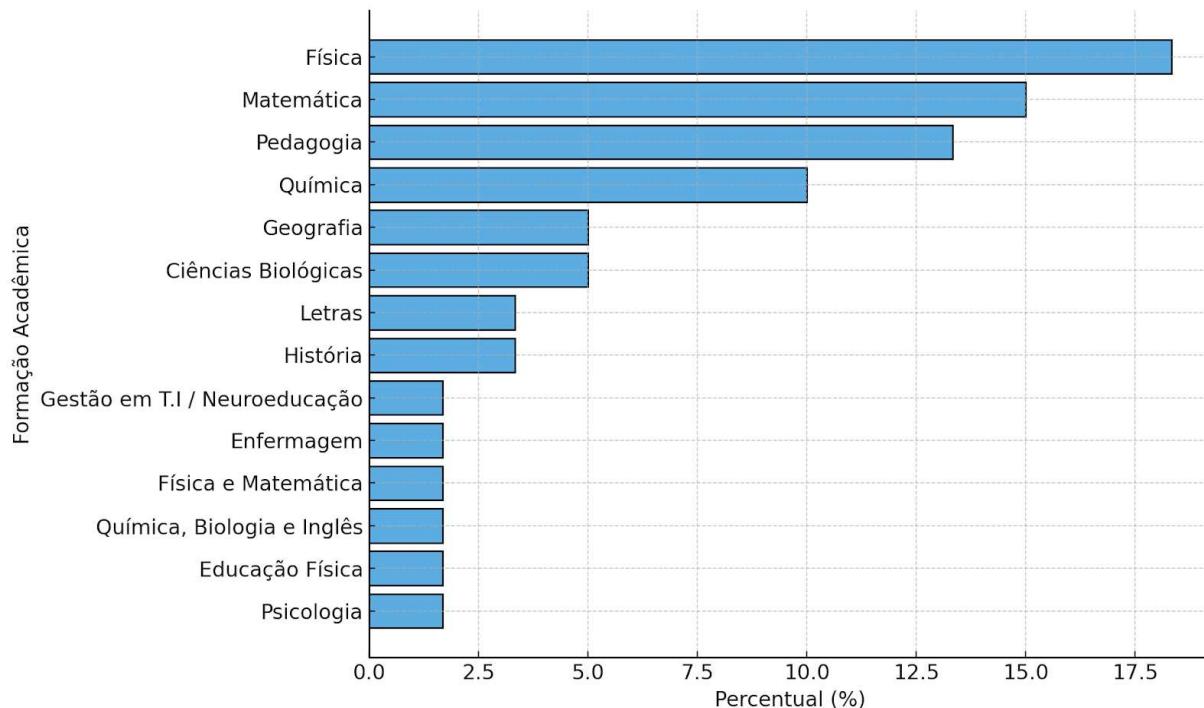
Gráfico 4– Nível de escolaridade dos participantes.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise da formação acadêmica dos participantes revelou uma predominância nas áreas de Física (18,33%), Matemática (15,00%) e Pedagogia (13,33%). Também houve presença significativa de professores com formação em Química (10,00%), Geografia (5,00%) e Ciências Biológicas ou Biologia (5,00%). Outras áreas, como História, Letras, Educação Física, Psicologia, Enfermagem e Gestão em Tecnologia da Informação, apareceram com menor frequência, representando menos de 5% cada. Observou-se ainda a participação de profissionais com formação múltipla, como um docente graduado em Física e Matemática e outro com formação em Química, Biologia e Inglês. Essa diversidade formativa refletiu-se no perfil heterogêneo do grupo, ampliando as perspectivas e os desafios metodológicos durante a condução da formação. Esses dados estão sistematizados no Gráfico 5.

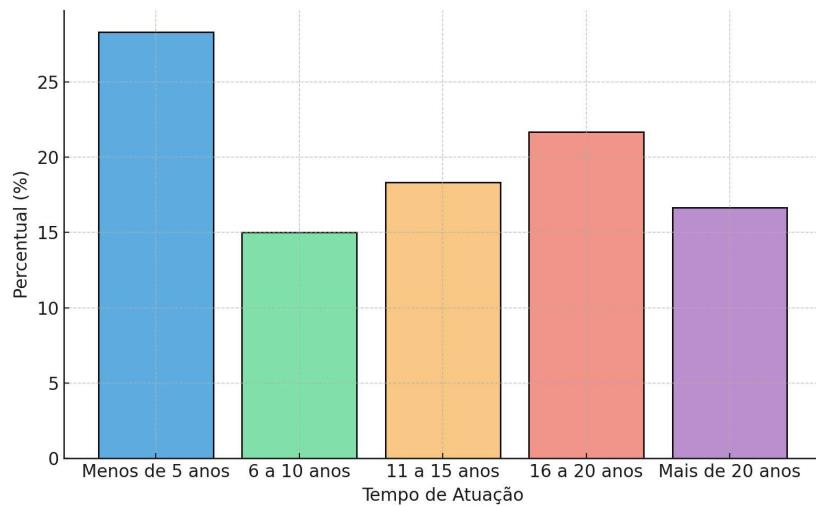
Gráfico 5 – Distribuição dos participantes por área de formação acadêmica.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Quanto ao tempo de atuação docente, observa-se um equilíbrio entre docentes mais experientes e iniciantes. Os participantes com menos de 5 anos de experiência representam 28,3%, seguidos por aqueles com 16 a 20 anos (21,7%) e mais de 20 anos (16,7%). As demais faixas incluem participantes com 11 a 15 anos (18,3%) e com 6 a 10 anos de experiência (15,0%). Essa distribuição pode ser conferida no Gráfico 6, que evidencia essa heterogeneidade profissional.

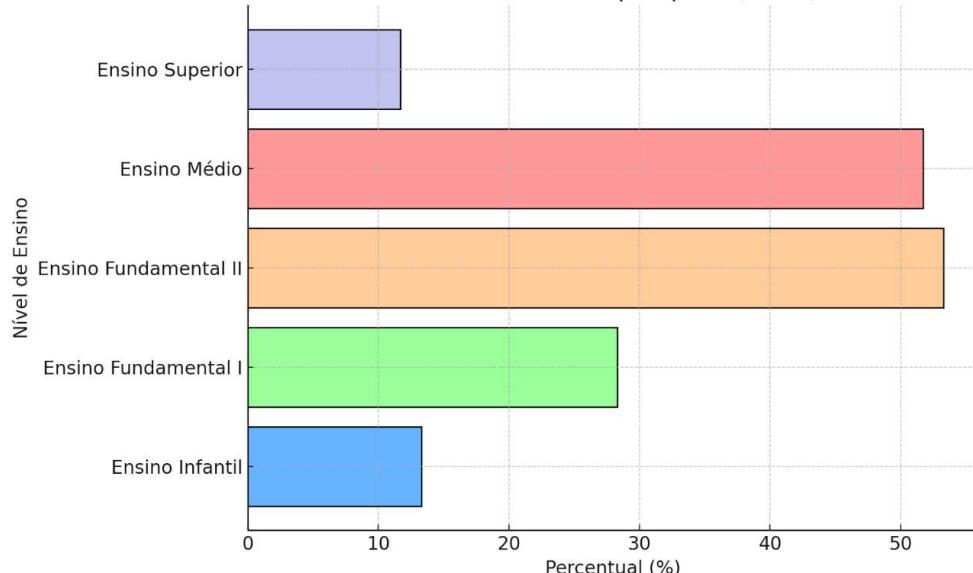
Gráfico 6– Tempo de atuação docente dos participantes.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em relação ao nível de ensino, a maioria dos docentes atua no ensino Fundamental II (53,3%) e no ensino Médio (51,7%). Outros segmentos também estão representados, como o ensino Fundamental I (28,3%), a Educação Infantil (13,3%) e o ensino Superior (11,7%). Como demonstra o Gráfico 7, esses dados refletem a diversidade de contextos educacionais em que os participantes estão inseridos.

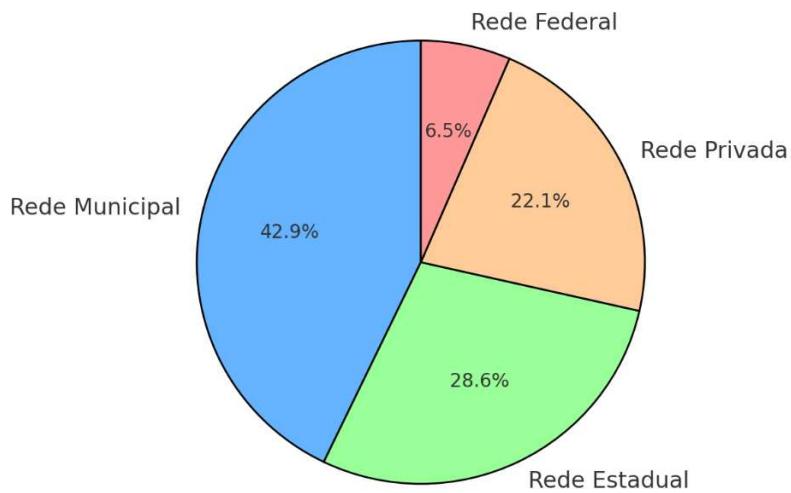
Gráfico 7– Nível de ensino em que os participantes atuam.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

No que diz respeito à rede de ensino, constata-se que 55% dos docentes atuam na rede municipal, 36,7% na rede estadual, 28,3% na rede privada e 8,3% na rede federal. Ressalta-se que muitos participantes possuem vínculos simultâneos com mais de uma rede, conforme apresentado no Gráfico 8.

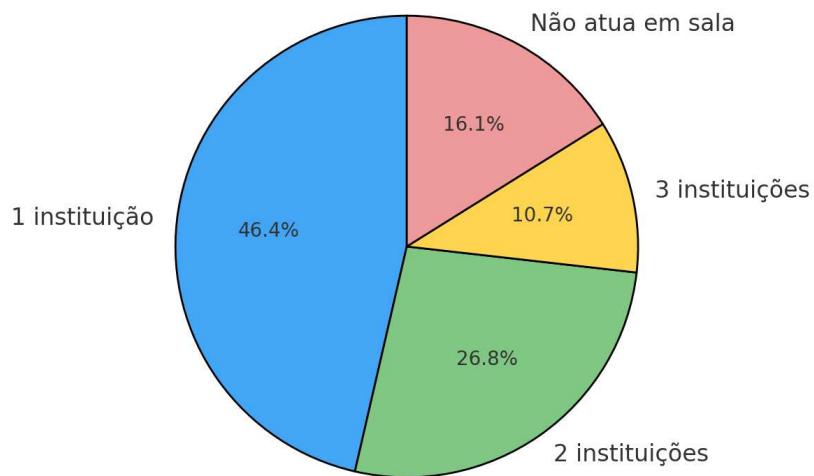
Gráfico 8 – Rede de ensino em que os participantes atuam.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Por fim, a análise da quantidade de instituições em que os docentes atuam revela que 43,3% trabalham em uma única instituição, 25% em duas e 10% em três instituições. Além disso, 15% dos participantes não atuam diretamente em sala de aula no momento, desempenhando funções administrativas, de gestão, apoio pedagógico ou formação de professores. Essa configuração está representada no Gráfico 9.

Gráfico 9 – Quantidade de instituições em que os participantes atuam.

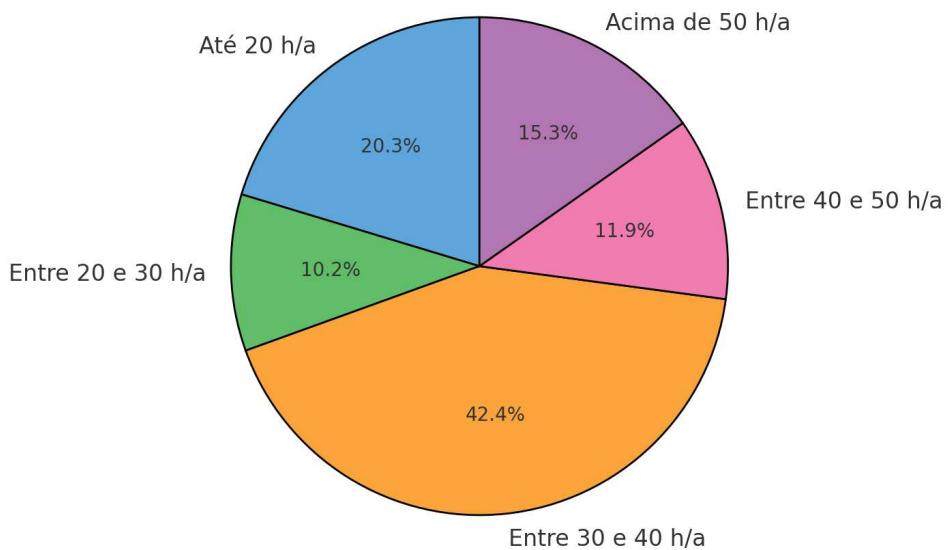


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em relação à carga horária semanal dedicada à docência, observa-se uma predominância de participantes que atuam entre 30 e 40 horas-aula por semana (42,4%). Em seguida, aparecem os docentes com até 20 horas-aula (20,3%) e aqueles com mais de 50 horas-aula (15,3%). Os demais estão distribuídos entre as faixas de 40 a 50 horas-aula (11,9%) e de 20 a 30 horas-aula (10,2%). Essa distribuição, ilustrada no Gráfico 10, revela

diferentes níveis de envolvimento com o exercício da docência, refletindo a diversidade de vínculos e jornadas dos professores participantes da formação.

Gráfico 10 – Distribuição dos Participantes por Tempo de Atuação Docente/Profissional



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

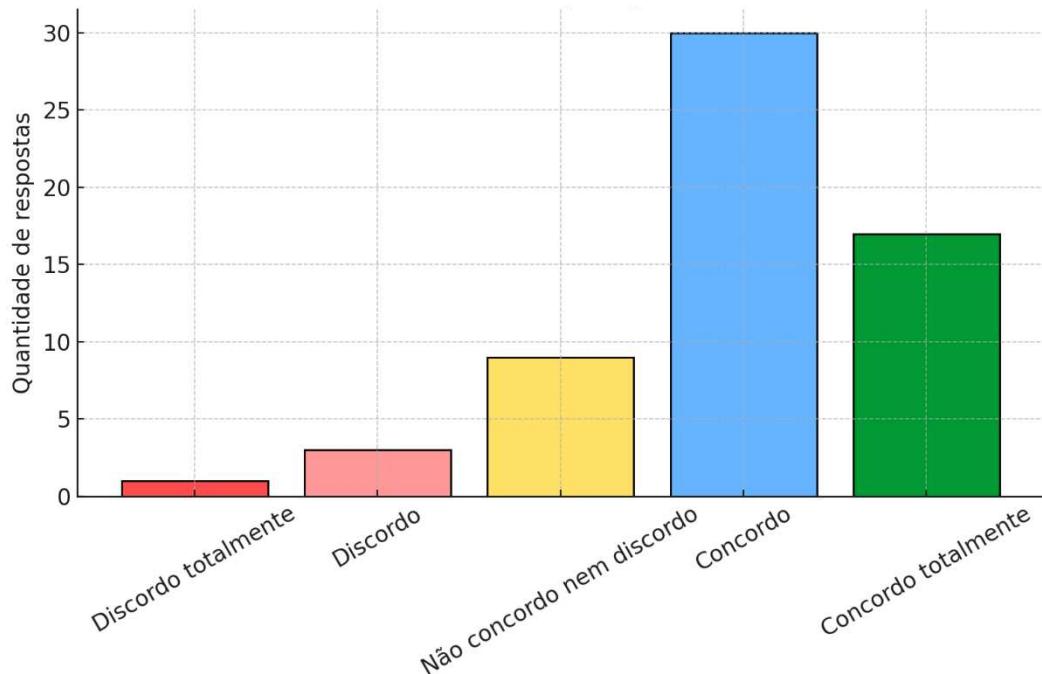
A análise do perfil dos participantes evidencia um grupo majoritariamente experiente, com elevada formação acadêmica e diversificado quanto às áreas de atuação. Predominam docentes do sexo masculino, com idade acima de 40 anos e forte representação de profissionais autodeclarados pardos. A maioria possui especialização e atua principalmente no ensino Fundamental II e no ensino Médio, muitas vezes vinculados simultaneamente a diferentes redes de ensino. Embora haja equilíbrio entre iniciantes e profissionais com longa trajetória, observa-se uma configuração que reflete a realidade plural da docência, marcada por múltiplos vínculos e desafios formativos.

Para a análise do eixo Saberes da Docência, optou-se por considerar as respostas de todos os participantes na questão “*Sinto-me confiante ao utilizar tecnologias em sala de aula*”, uma vez que trata de um aspecto geral da prática docente. No entanto, para as questões “*Utilizo metodologias ativas no ensino de Geometria*”, “*Acredito que a tecnologia pode melhorar a aprendizagem de conceitos geométricos*” e “*Tenho experiência na aplicação de atividades práticas para ensinar Geometria*”, realizou-se um recorte específico, analisando apenas as respostas dos docentes com formação em Matemática, por estarem diretamente relacionados ao objeto de estudo e ao conteúdo da Geometria.

O Gráfico 11 apresenta que, na questão “*Sinto-me confiante ao utilizar tecnologias em sala de aula*”, 78,3% dos participantes declararam concordância, sendo 50% em “*concordo*”

e 28,3% em “*concordo totalmente*”. Apenas 6,7% manifestaram discordância e 15% se mantiveram neutros, o que indica uma percepção bastante positiva sobre a autoconfiança no uso de tecnologias.

Gráfico 11 – Distribuição das respostas sobre a confiança no uso de tecnologias em sala de aula.

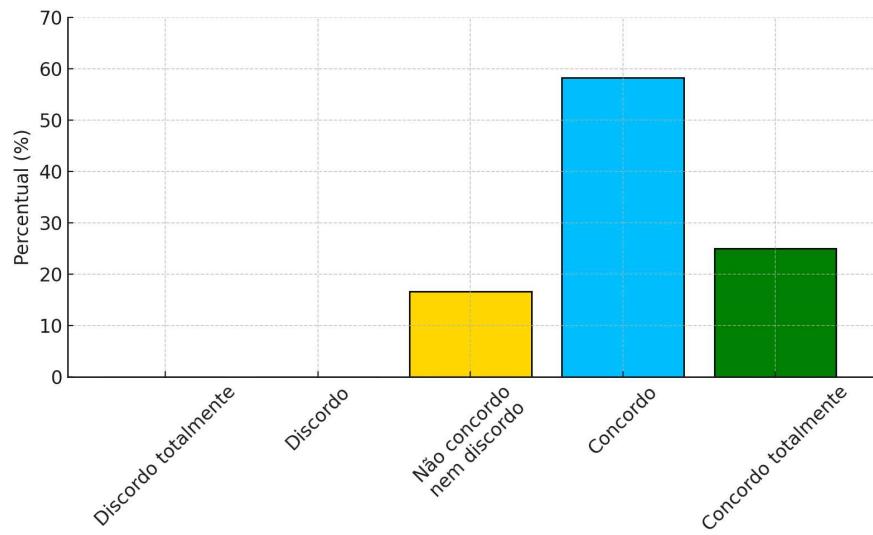


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Para as próximas questões relativas ao uso de metodologias e tecnologias no ensino de Geometria, optou-se por um recorte específico dos dados, considerando exclusivamente os participantes com formação diretamente relacionada à área de Matemática, incluindo licenciatura, graduação em curso e dupla habilitação com Física. Esse grupo é composto por 12 professores identificados a partir das respostas ao questionário diagnóstico. As análises a seguir referem-se exclusivamente a esse grupo.

Ao observar a questão “*Utilizo metodologias ativas no ensino de Geometria*”, os dados indicam elevada adesão às metodologias ativas no ensino de Geometria, com 83,3% das respostas distribuídas entre “*concordo*” (58,3%) e “*concordo totalmente*” (25%). Apenas 16,7% adotaram posição neutra, sem registros de discordância, como mostra o Gráfico 12. Esse dado sinaliza uma forte adesão desses docentes às práticas pedagógicas baseadas em metodologias ativas no ensino de Geometria.

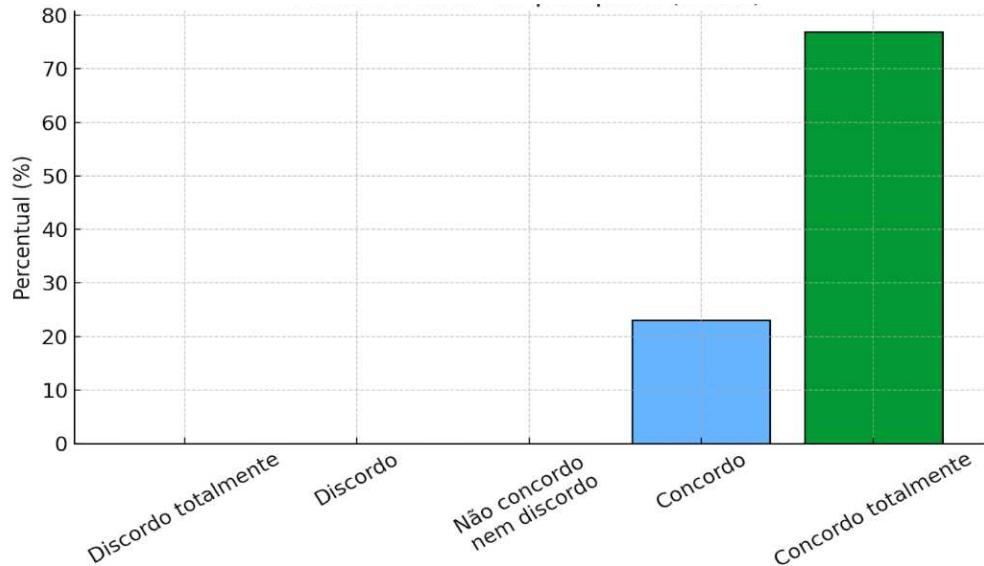
Gráfico 12– Distribuição das respostas sobre o uso de metodologias ativas no ensino de Geometria (professores de Matemática).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

No que se refere à afirmação “*Acredito que a tecnologia pode melhorar a aprendizagem de conceitos geométricos*”, o consenso entre os docentes de Matemática é evidente. A totalidade das respostas se concentrou nos níveis de concordância, sendo 75% em “*concordo totalmente*” e 25% em “*concordo*”, sem registros de neutralidade ou discordância. Esse resultado, ilustrado no Gráfico 13, evidencia uma percepção amplamente positiva sobre o potencial das tecnologias no ensino de Geometria.

Gráfico 13 – Distribuição das respostas sobre a crença de que a tecnologia melhora a aprendizagem em Geometria (professores de Matemática).

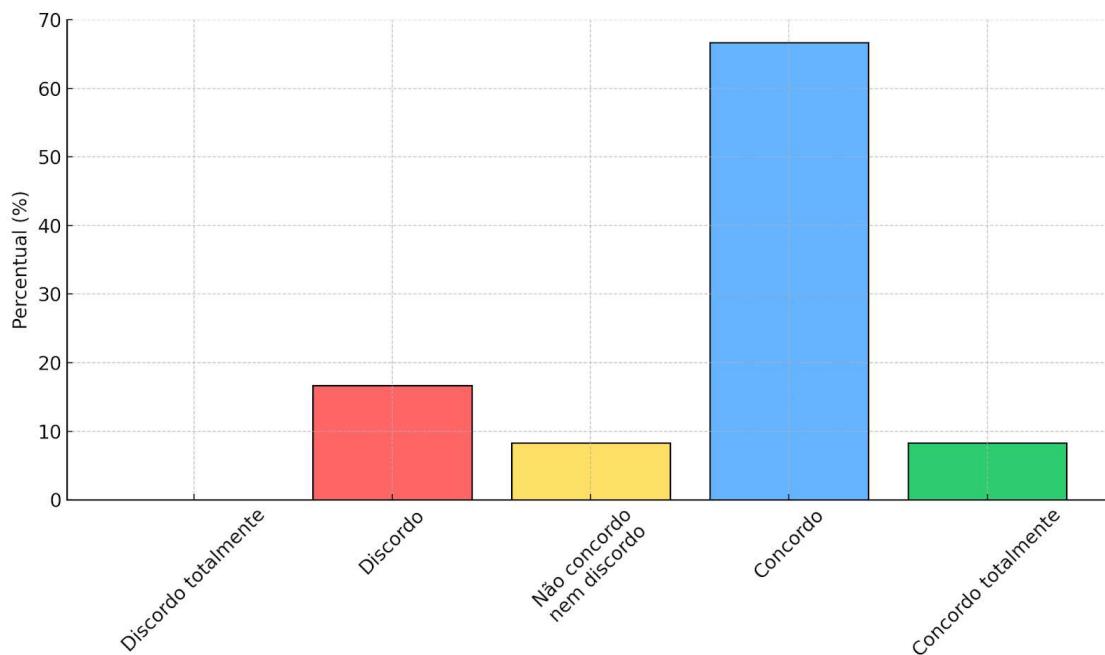


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Por fim, na questão “*Tenho experiência na aplicação de atividades práticas para ensinar Geometria*”, os dados dos professores de Matemática, apresentados no Gráfico 14, revelam que 75% concordam (“*concordo*” com 66,7% e “*concordo totalmente*” com 8,3%).

Contudo, 8,3% manifestaram neutralidade e outros 16,7% declararam discordância, o que indica uma prevalência de experiências práticas no ensino de Geometria entre os docentes analisados, ainda que com presença de alguma incerteza ou ausência de prática no grupo.

Gráfico 14 – Distribuição das respostas sobre a experiência na aplicação de atividades práticas no ensino de Geometria (professores de Matemática).

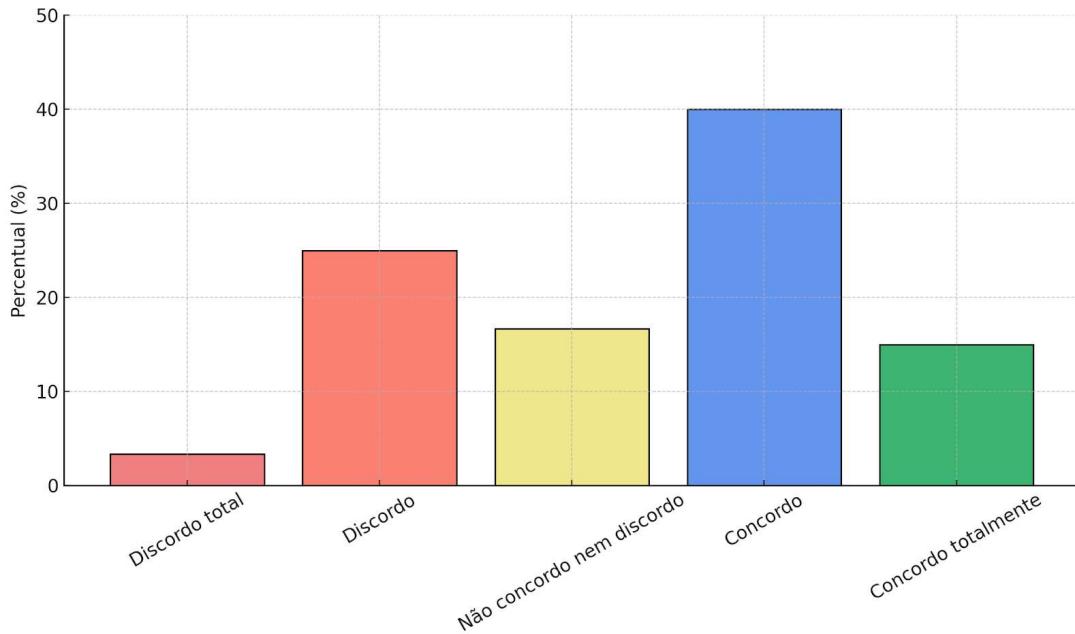


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Para a análise do eixo Conhecimento Prévio sobre PC, Cultura *Maker* e Construcionismo, considerou-se as respostas de todos os participantes nas questões que abordam percepções gerais sobre esses temas. No entanto, as questões que tratam especificamente da aplicação do PC e do Construcionismo no ensino de Matemática foram analisadas apenas os 12 professores identificados a partir das respostas ao questionário diagnóstico, por estarem diretamente relacionadas às práticas do ensino da disciplina. Essa estratégia permite uma análise mais coerente e alinhada ao objetivo da pesquisa, oferecendo um retrato fiel tanto da percepção geral quanto da realidade prática dos professores de Matemática.

Na questão “*Conheço os conceitos básicos do Pensamento Computacional*”, observa-se uma distribuição bastante equilibrada. Aproximadamente 55% dos participantes demonstraram concordância (“concordo” com 40% e “concordo totalmente” com 15%), enquanto 28,3% manifestaram discordância em algum nível e 16,7% permaneceram neutros. Esses dados, apresentados no Gráfico 15, revelam que há uma divisão entre os que se sentem familiarizados e os que ainda não dominam esses conceitos.

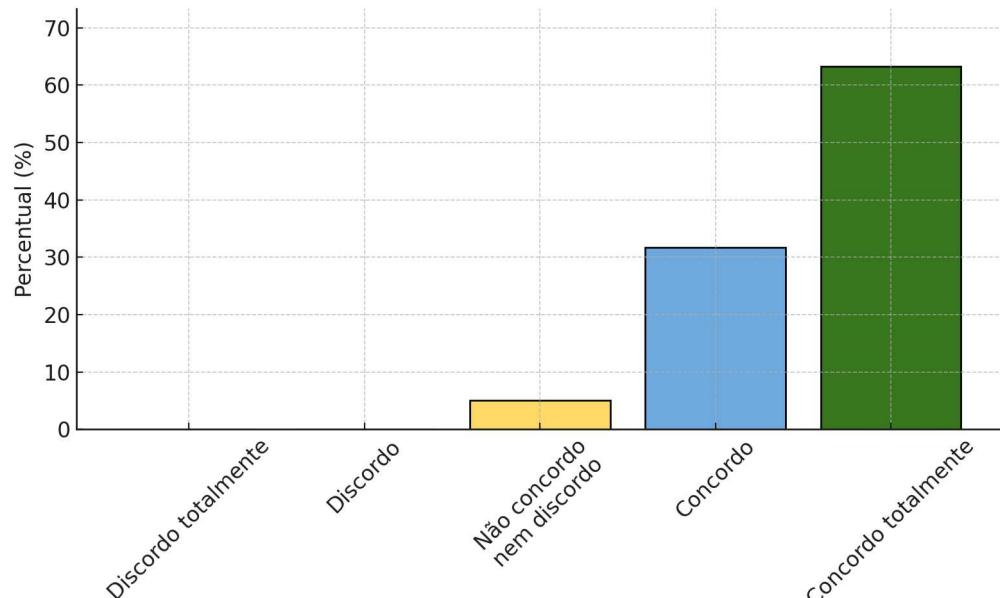
Gráfico 15 – Distribuição das respostas sobre conhecimento dos conceitos básicos de Pensamento Computacional.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Em relação à questão “*Acredito que a Cultura Maker pode ser aplicada no ensino de Matemática*”, os dados indicam ampla concordância. Somam-se 95% das respostas distribuídas entre “*concordo*” (63,3%) e “*concordo totalmente*” (31,7%), enquanto apenas 5% se posicionaram de forma neutra, como mostra o Gráfico 16. Este resultado reflete uma percepção bastante consolidada do potencial da Cultura *Maker* na prática pedagógica da Matemática.

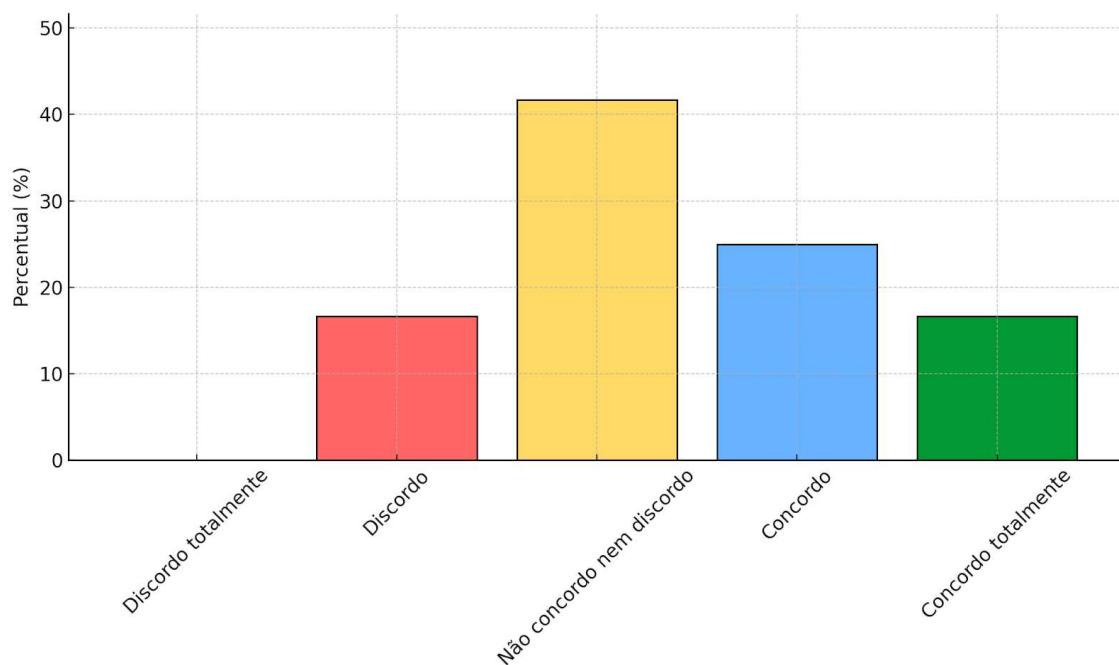
Gráfico 16 – Distribuição das respostas sobre a aplicabilidade da Cultura *Maker* no ensino de Matemática.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Ao observar a questão “*Sei utilizar o Pensamento Computacional para ensinar conceitos matemáticos*”, considerando exclusivamente os professores de Matemática, percebe-se que 41,7% concordam (“*concordo*” com 25% e “*concordo totalmente*” com 16,7%), enquanto 16,7% discordam e uma parcela expressiva, 41,7%, declarou-se neutra. Esses dados, representados no Gráfico 17, evidenciam que, embora exista uma inclinação favorável, ainda há um número expressivo de docentes que demonstra insegurança ou desconhecimento quanto à aplicação prática do Pensamento Computacional no ensino da Matemática.

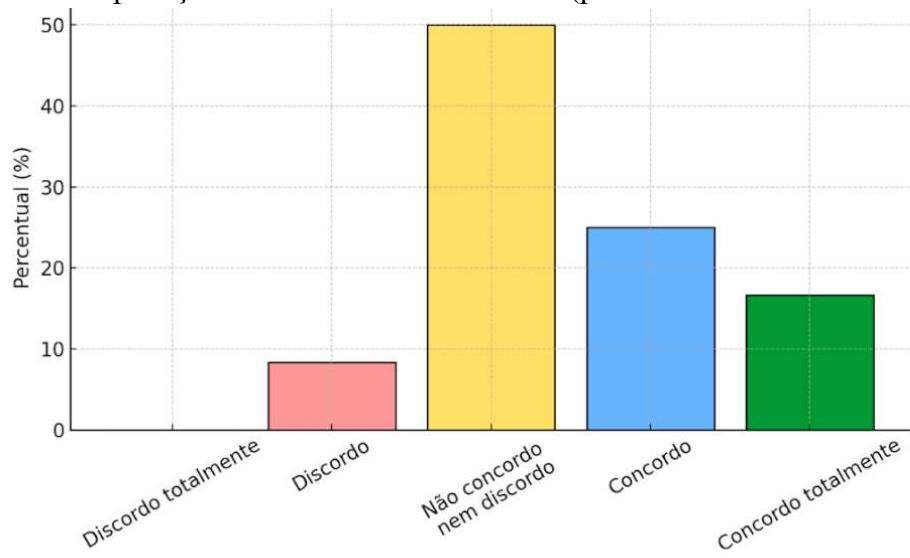
Gráfico 17 – Distribuição das respostas sobre saber utilizar o Pensamento Computacional para ensinar Matemática (professores de Matemática).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Na questão “*Tenho conhecimento sobre a abordagem construcionista e suas implicações para o ensino de Matemática*”, também restrita aos professores de Matemática, verifica-se uma distribuição semelhante. Cerca de 41,7% dos docentes declararam concordância, 8,3% discordância e 50% adotaram uma posição neutra. Esses dados, apresentados no Gráfico 18, evidenciam que, apesar de uma percepção positiva, ainda existe um número significativo de docentes que não se sentem seguros em afirmar domínio sobre essa abordagem.

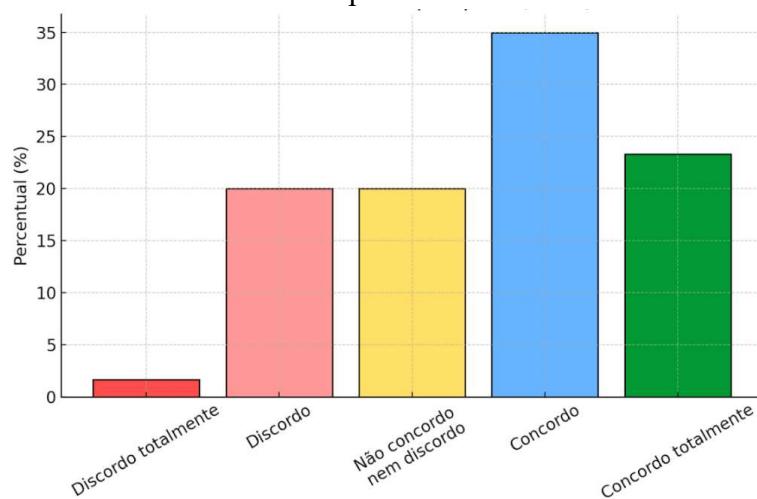
Gráfico 18 – Distribuição das respostas sobre conhecimento da abordagem construcionista e suas implicações no ensino de Matemática (professores de Matemática).



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Por fim, na questão “Já utilizei princípios do construcionismo para desenvolver atividades práticas em sala de aula”, os dados revelam que 58,3% dos participantes concordam (“concordo” com 35% e “concordo totalmente” com 23,3%), enquanto 23,3% discordam (“discordo” com 20% e “discordo totalmente” com 1,7%). Além disso, 20% permaneceram neutros, como ilustra o Gráfico 19. Este resultado indica que, embora a maioria já tenha se apropriado dos princípios construcionistas em algum momento, ainda existe uma parte relevante dos docentes que não realizou esse tipo de prática.

Gráfico 19 – Distribuição das respostas sobre utilização dos princípios do construcionismo em atividades práticas em sala de aula.



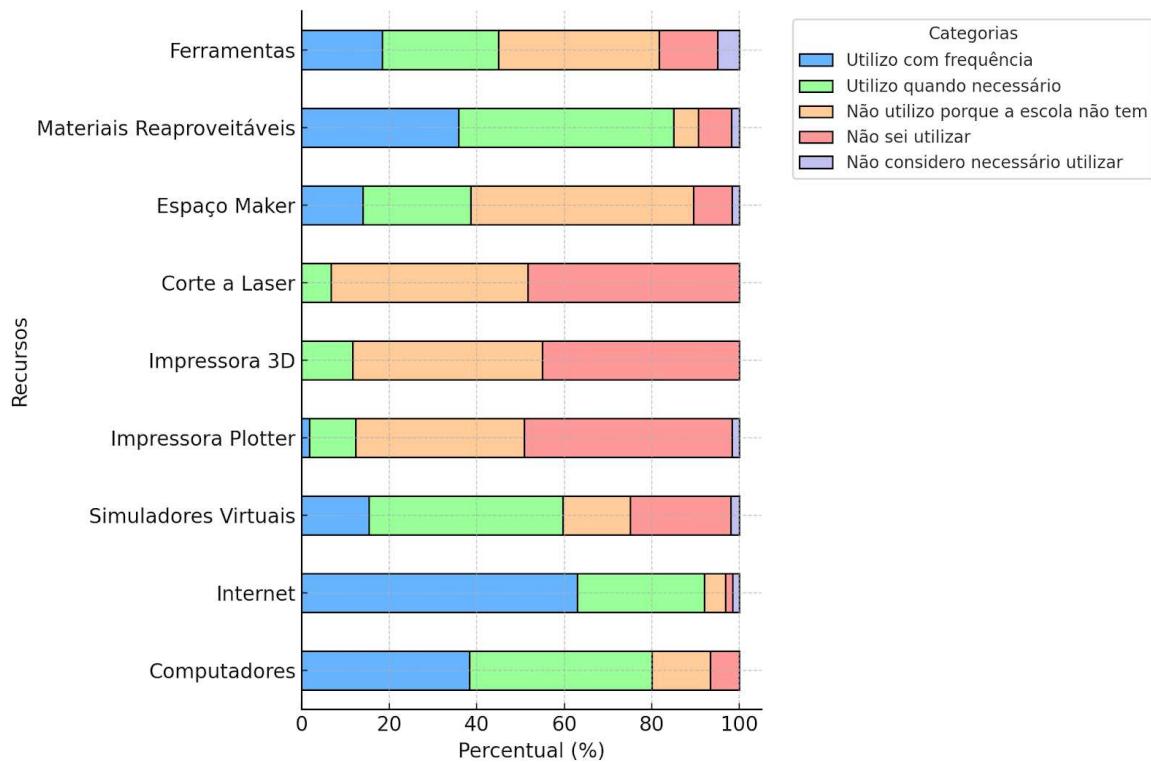
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os dados indicam que, embora a maioria reconheça o potencial da Cultura *Maker* no ensino de Matemática, há fragilidades no domínio dos conceitos de PC e Construcionismo, especialmente na aplicação prática desses saberes. Parte significativa dos docentes, sobretudo

de Matemática, demonstra insegurança ou desconhecimento, evidenciando a necessidade de formação que aprofunde esses temas na prática pedagógica.

O Eixo 4 sobre a Cultura *Maker* na Escola tem como objetivo compreender como os docentes percebem, acessam e utilizam os recursos, ferramentas e espaços vinculados à Cultura *Maker* no ambiente escolar. Diferente dos eixos anteriores, em que cada questão foi analisada isoladamente, neste eixo as respostas foram organizadas em um gráfico unificado, reunindo todas as nove questões em um único visual. Isso permite uma análise comparativa entre os diferentes recursos, facilitando a identificação dos níveis de uso, acesso, domínio e limitações enfrentadas pelos docentes. Essa visualização está apresentada no Gráfico 20, que sintetiza os dados de todo o eixo.

Gráfico 20 – Distribuição das respostas sobre o uso de recursos, ferramentas e espaços relacionados à Cultura *Maker* na escola.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise do Gráfico 20 evidencia um cenário marcado por limitações tanto de infraestrutura quanto de formação. Recursos como impressora 3D, máquina de corte a *laser* e impressora *plotter* apresentam os maiores índices nas categorias “não sei utilizar” e “não utilizo porque a escola não tem”, indicando tanto a ausência física desses equipamentos quanto a falta de capacitação dos docentes para utilizá-los.

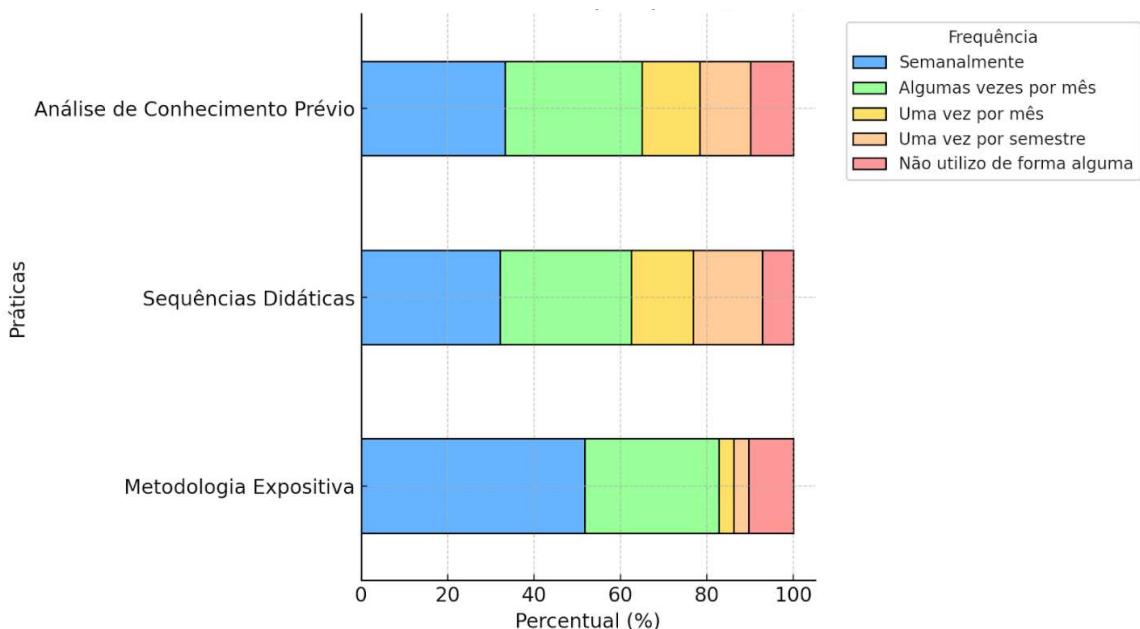
Por outro lado, computadores, *internet* e materiais de baixo custo são os recursos mais acessíveis e frequentemente utilizados, com altas taxas nas categorias “utilizo com frequência” e “utilizo quando necessário”. A *internet*, em especial, se destaca como o

recurso de maior uso regular entre os participantes, sinalizando que, embora os princípios da Cultura *Maker* estejam parcialmente presentes no cotidiano escolar, eles estão majoritariamente apoiados em recursos digitais básicos e materiais acessíveis, e não nas ferramentas típicas de Fabricação Digital.

Espaços como laboratórios *Maker*, simuladores virtuais e o uso de ferramentas manuais apresentam uma distribuição intermediária, refletindo um contexto em que parte dos docentes utiliza quando disponível, mas uma parcela ainda expressiva declara não ter acesso ou não saber utilizar. Esse panorama confirma a necessidade de investimentos não apenas em infraestrutura, mas também em formação docente, para que a Cultura *Maker* possa, de fato, ser incorporada como prática pedagógica nas escolas.

Dando continuidade à análise sobre práticas pedagógicas e à inserção de elementos da Cultura *Maker* no ambiente escolar, o Eixo 5: Metodologias de ensino na Sala de Aula investiga como os docentes utilizam diferentes abordagens metodológicas em seu cotidiano. Para uma visualização mais clara, as dez questões foram agrupadas tematicamente em três gráficos, considerando a proximidade entre os tipos de práticas analisadas. O primeiro deles, o Gráfico 21, apresenta a frequência de uso das metodologias tradicionais e estruturadas, com foco na metodologia expositiva, no uso de Sequências Didáticas e na análise de conhecimento prévio como estratégia de planejamento.

Gráfico 21 – Frequência de uso das metodologias tradicionais e estruturadas na sala de aula.



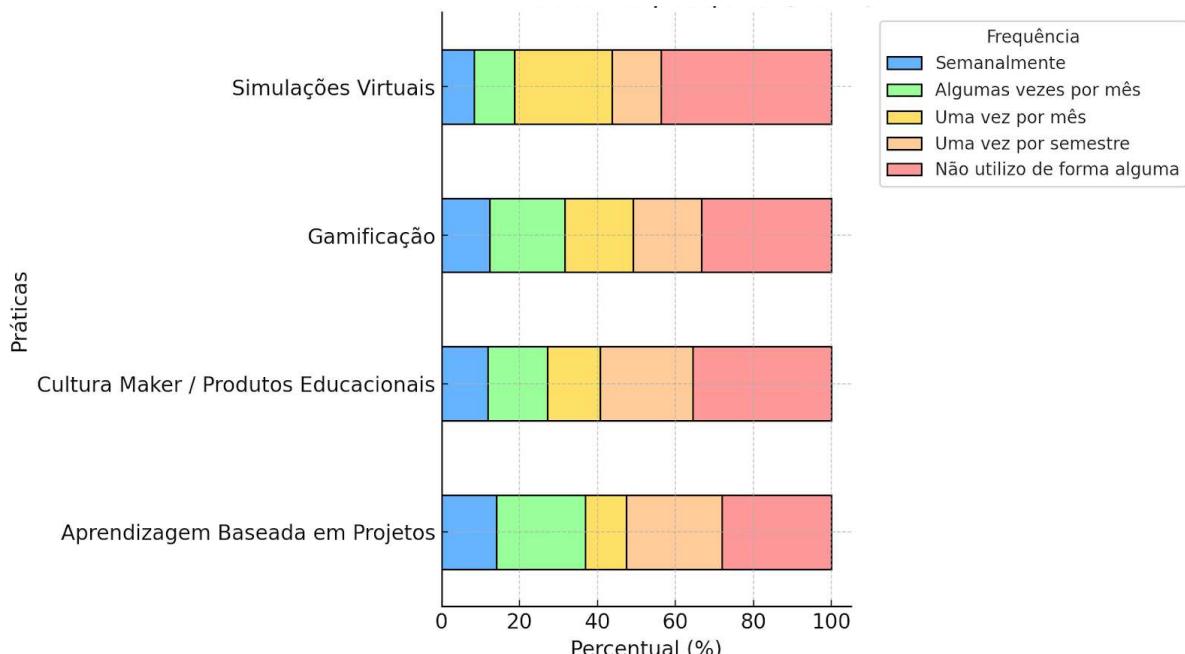
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise do Gráfico 21 evidencia que essas práticas seguem amplamente presentes no cotidiano escolar. A metodologia expositiva, baseada no uso de quadro e pincel, apresenta o

maior índice de uso semanal entre todas as práticas analisadas. Da mesma forma, a realização de Sequência Didática e a prática de análise de conhecimentos prévios, embora mais equilibradas, também são utilizadas com alta frequência. Esses dados reforçam que, embora haja discussões sobre inovação pedagógica, o modelo tradicional, estruturado e centrado na transmissão de conteúdo ainda ocupa um espaço predominante na prática docente.

Em contrapartida, o Gráfico 22 apresenta a frequência de uso das metodologias de caráter mais ativo, experimental e tecnológico, incluindo a aprendizagem baseada em projetos, o desenvolvimento de produtos educacionais e atividades *Maker*, o uso de jogos e gamificação e a utilização de simulações virtuais.

Gráfico 22– Frequência de uso das metodologias ativas, experimentais e tecnológicas na sala de aula.



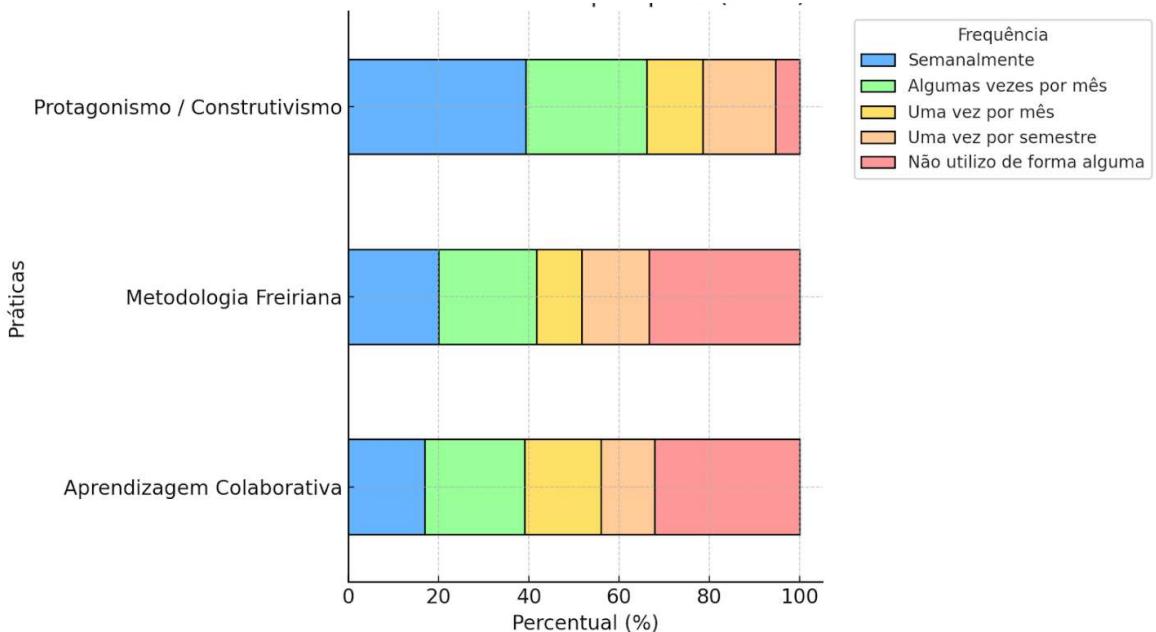
Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O Gráfico 22 deixa evidente que essas práticas são pouco frequentes no cotidiano dos docentes. As categorias “*não utilizo de forma alguma*” e “*uma vez por semestre*” aparecem em proporções consideráveis, especialmente no que se refere à Cultura *Maker*, às simulações virtuais e à gamificação. A aprendizagem baseada em projetos, embora apresente alguma utilização mensal ou esporádica, ainda não é uma prática consolidada. Esses dados indicam que, apesar do discurso sobre inovação, existe uma lacuna entre o conhecimento dessas metodologias e sua efetiva aplicação em sala de aula, reforçando a necessidade de formações específicas e contextualizadas.

Por fim, o Gráfico 23 reúne as metodologias voltadas ao desenvolvimento de competências colaborativas, construtivistas e de consciência crítica, contemplando as práticas

de aprendizagem colaborativa, de atividades baseadas na Metodologia Freiriana e de abordagens que promovem o protagonismo dos alunos com base no Construtivismo.

Gráfico 23 – Frequência de uso das metodologias colaborativas, Freiriana e construtivistas na sala de aula.

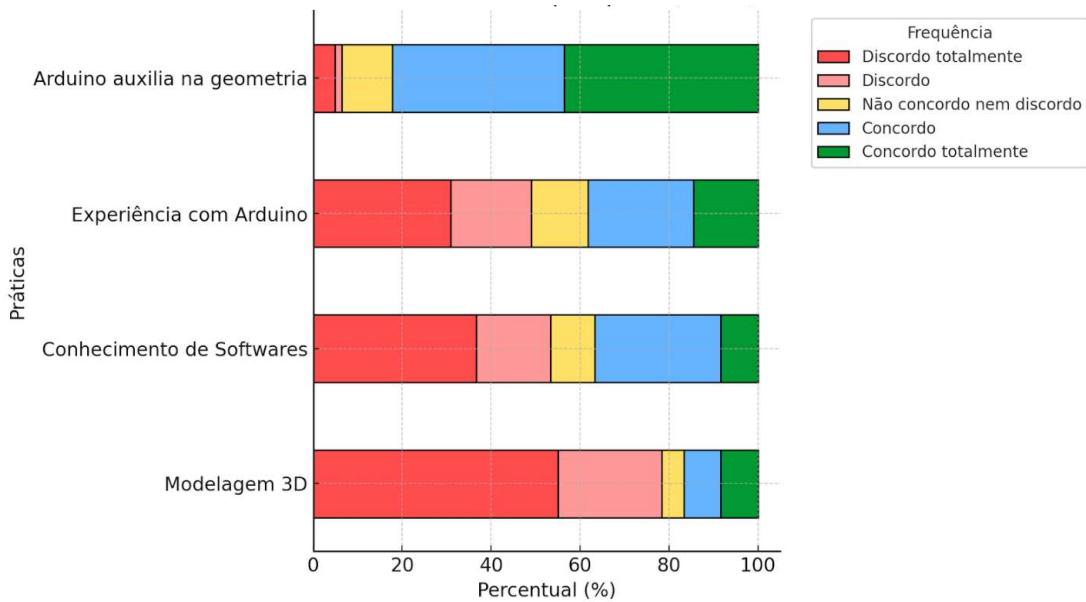


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O Gráfico 23 revela uma realidade intermediária. Enquanto as práticas construtivistas, associadas ao desenvolvimento do protagonismo estudantil, apresentam índices mais elevados de uso semanal e mensal, as práticas vinculadas à Metodologia Freiriana e à Aprendizagem Colaborativa ainda aparecem com frequência limitada ou esporádica. Esse cenário sugere que, embora haja uma maior abertura dos docentes para práticas que favorecem o protagonismo e a autonomia dos alunos, ainda há desafios significativos na consolidação de práticas que envolvem criticidade, diálogo e colaboração de forma sistemática.

Dando sequência à análise dos saberes docentes em relação às práticas *Maker*, o Eixo 6: Conhecimento Prévio sobre Arduino, Fabricação Digital e Modelagem 3D investiga o grau de familiaridade dos participantes com ferramentas, tecnologias e processos ligados à Fabricação Digital. As oito questões foram organizadas em dois gráficos, reunindo temas por afinidade: o primeiro trata da Modelagem 3D, Arduino e *Software*, enquanto o segundo aborda a Fabricação Digital, Prática Docente e Desenvolvimento de Produtos *Maker*. Essa organização está apresentada nos Gráfico 24 e no Gráfico 25, que sintetizam os dados do eixo.

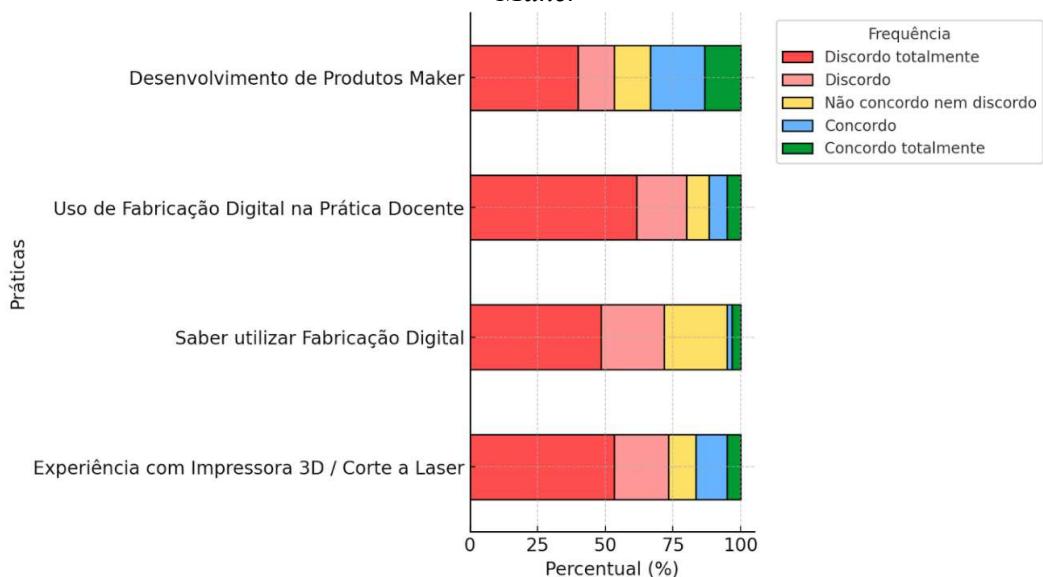
Gráfico 24 – Conhecimento sobre Modelagem 3D, Software e Arduino



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O Gráfico 24 revela uma diferença expressiva entre a percepção teórica sobre o potencial dessas tecnologias e a experiência prática dos docentes. Enquanto a maioria absoluta dos participantes concorda que o uso do Arduino pode auxiliar no ensino de Geometria, observa-se, por outro lado, um domínio bastante limitado nas questões que envolvem modelagem 3D, uso de softwares específicos e experiência prática com Arduino. A alta incidência de respostas em “*discordo totalmente*” nas questões 1, 2 e 3 demonstra que esses saberes ainda não fazem parte da formação ou da prática cotidiana dos professores.

Gráfico 25 – Fabricação Digital, Prática Docente e Desenvolvimento de Produtos Maker



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O Gráfico 25 evidencia um cenário ainda mais crítico. As práticas relacionadas diretamente à Fabricação Digital, uso de impressoras 3D, cortadoras a *laser* e desenvolvimento de materiais manipuláveis, apresentam os maiores índices de desconhecimento e não utilização de todo o eixo. As respostas nas categorias “*discordo totalmente*” e “*discordo*” predominam amplamente nas questões 5, 6 e 7, refletindo tanto a ausência desses equipamentos no ambiente escolar quanto a falta de formação específica. A única prática que apresenta um equilíbrio maior é o desenvolvimento de produtos educacionais com base na Cultura *Maker*, que, embora ainda limitado, revela uma tentativa dos docentes de realizar práticas *Maker* utilizando recursos alternativos ou de baixo custo.

De forma geral, os dados do Eixo 6 deixam claro que, embora haja uma percepção positiva sobre o potencial pedagógico das tecnologias da Fabricação Digital, o uso efetivo, o domínio técnico e a incorporação dessas práticas na realidade escolar são praticamente inexistentes. Esse quadro reafirma que a Cultura *Maker*, quando ocorre, se dá muito mais no campo das intenções e do discurso do que na prática concreta, sendo urgente pensar em políticas formativas e investimentos estruturais que viabilizem sua implementação efetiva.

Dando continuidade à análise dos dados, o Eixo 7 – Expectativas para a Formação busca compreender o que os participantes esperam aprender ao longo do curso proposto. Para isso, analisa-se especificamente a Questão 1: “O que você espera aprender com esta formação?”, que permite identificar tanto os interesses práticos quanto as demandas formativas dos docentes. As respostas evidenciam que os participantes desejam não apenas aprender a utilizar ferramentas, mas também ampliar seus conhecimentos teóricos, desenvolver competências técnicas e compreender os fundamentos que sustentam a Cultura *Maker*, a Robótica e as Tecnologias Digitais.

De modo geral, os dados apontam que os docentes reconhecem nessas abordagens uma possibilidade concreta de transformação do fazer pedagógico, tanto na perspectiva da inovação metodológica quanto na melhoria efetiva dos processos de ensino e aprendizagem.

Nesse sentido, uma parcela expressiva dos participantes revela como expectativa aprender a aplicar a Cultura *Maker*, a Robótica e os recursos tecnológicos de forma prática no contexto da sala de aula. Esse público demonstra um claro desejo de alinhar teoria e prática, buscando recursos, metodologias e estratégias que possam tornar suas aulas mais atrativas, colaborativas e conectadas com as demandas contemporâneas da educação. Entre os que expressam essa expectativa estão os participantes P1, P2, P3, P4, P5, P6, P8, P9, P10, P11, P13, P14, P15, P16, P17, P18, P19, P20, P21, P22, P25, P26, P31, P32, P33, P34, P37 e P38, cujas falas deixam evidente essa busca por uma prática docente mais inovadora.

Atualização de conhecimentos para aprimorar as minhas aulas de Química pois sempre ajuda no processo de ensino. (P2)

Como utilizar e como levar para sala de aula a Cultura Maker, para assim diversificar as aulas e os alunos participarem. (P3)

Um aprofundamento dos conhecimentos de robótica e Cultura Maker para proporcionar aos meus alunos experiências mais interessantes. (P4)

Eu espero me aprofundar mais nesse assunto, aprender o uso das tecnologias na sala de aula, usar nas salas de aulas o uso dessas tecnologias. (P5)

Perspectiva teórica e prática da Cultura Maker e robótica, considerando os aspectos pedagógicos que tratem da formação docente. (P6)

Conhecer a Cultura Maker e sentir-me segura para aplicá-la em minha rotina de sala de aula. Aprender a utilizar as ferramentas. (P8)

Espero aprimorar meus conhecimentos na área da robótica e Cultura Maker para trazer um ensino melhor para os meus alunos; trazer aulas diferentes da tradicional para melhor absorção do conhecimento por parte dos alunos. (P9)

Aprender algo interessante e novo para utilizar em sala de aula, dentro das limitações e da realidade da escola que estou inserido. (P10)

A base da aplicação da robótica e da tecnologia para aprimorar aulas e desenvolver projetos Maker. Utilizo essas práticas em sala, porque atualmente ministro aulas de robótica, mas não comprehendo alguns processos por não conhecer e entender a Matemática ou a manipulação das tecnologias mais específicas. (P11)

Espero obter mais conhecimento sobre Cultura Maker e Robótica Educacional para fortalecer minhas práticas de acompanhamento e monitoramento das atividades desenvolvidas nas escolas. (P13)

Espero adquirir conhecimentos iniciais relacionados à Cultura Maker e robótica para utilização futura em sala de aula. (P14)

Uma base de conhecimento da Cultura Maker, para participar de novos cursos de aprimoramento, para utilizar em sala. (P15)

Espero que este curso possa me auxiliar a compreender os conceitos e a utilização dos mesmos na prática. (P16)

Aprender algumas atividades para dar início a um trabalho na unidade escolar, tendo como um ponto de partida esta formação. (P17)

Ganhar mais conhecimento nessa área e buscar aprender para poder desenvolver com meus bebês e na minha área. (P18)

Conhecer um pouco sobre a Cultura Maker e a robótica e tentar levar para minha turma de Educação Infantil. (P19)

Conhecer mais sobre o assunto, além de poder saber como utilizar ferramentas que possam auxiliar no conhecimento e no ensino aprendizagem de educandos. (P20)

Aspectos da Cultura Maker que possam favorecer minha prática pedagógica para aplicar nas minhas sessões didáticas. (P21)

Aprender sobre a Cultura para melhorar minha prática em sala de aula. Preciso que me ajude a compreender e repassar pros meus alunos sobre Geometria das

moléculas. (P22)

Fazer o uso da metodologia Cultura Maker em sala de aula, juntamente com a teoria de aprendizagem do construcionismo. (P25)

Adquirir um conhecimento para desenvolver ainda melhor a Cultura Maker nas aulas de Matemática, para assim proporcionar aos meus alunos uma nova forma de se aprender Matemática. (P26)

Meu conhecimento científico aprimorar no conhecimento em sala de aula, que eu leve mais e mais aos meus alunos. (P31)

Aprender mais sobre a Cultura Maker e sobre robótica, pois não tenho muito conhecimento, principalmente em relação à robótica. E uma das escolas em que eu trabalho já está atuando com professores de robótica. Então, aprender mais sobre esse assunto pode me ajudar a tentar correlacionar com os assuntos da minha disciplina. (P32)

Espero aprender teoria e, em seguida, desenvolver a prática para ser um aprendizado muito útil na minha prática pedagógica. (P33)

Aprender mais sobre a Cultura Maker e conhecer mais sobre o assunto. Ver de perto algumas inovações na área. (P34)

Adquirir mais conhecimento para que possa explorar as ferramentas que estão disponíveis e também ajudar na minha prática já realizada em sala. (P37)

Desenvolver aulas mais ativas com ajuda da Cultura Maker e Robótica. Com o advento da tecnologia, a aprendizagem fica bem fácil. Simuladores são essenciais para o ensino e aprendizagem de Física. (P38)

Além disso, outro grupo de participantes, composto por P7, P23, P28, P29, P35, P42, P43, P46, P47, P54 e P55, revela como principal expectativa o desejo de aprender sobre o uso de ferramentas, equipamentos e tecnologias específicas, como Arduino, impressora 3D, cortadora a *laser*, *plotter* e *softwares* de modelagem. Esses participantes demonstram uma preocupação muito clara em desenvolver habilidades técnicas operacionais que possam ser aplicadas diretamente na prática docente, dominando não apenas os conceitos, mas também o funcionamento dos dispositivos e sua conversão em materiais e recursos pedagógicos.

Como manipular uma impressora 3D e aulas que essa máquina pode ser aproveitada. E aprender, do zero, sobre Arduino, de forma que consiga preparar aulas e projetos a partir desse conhecimento. (P7)

Gostaria de ter noção de como utilizar os recursos do laboratório Maker da escola, como cortadora laser, impressora 3D, Plotter. (P23)

Construir e programar com Arduino e utilizar impressoras 3D para elaborar materiais didáticos utilizáveis em sala de aula. (P28)

Técnicas de modelagem que possam dar subsídio à minha prática docente para a produção de materiais educacionais facilitadores. (P29)

Outras formas de usar a Plotter, a impressora 3D e a cortadora a laser. Eu sei modelar. Mas, devido a problemas com a gestão da escola, ainda não tive acesso ao laboratório Maker. (P35)

Desenvolvimento de protótipos e construção de modelos voltados ao mundo Maker, robótica e automação. (P42)

O básico, mas principalmente os meios para implantar a Cultura. Onde comprar e como montar um laboratório. (P43)

Aprender formar circuitos elétricos usando protoboard e Arduino, que é fundamental para o ensino sobre eletricidade. (P46)

Espero que as aulas nos deem muitas aberturas a métodos de ensino usando o Arduino (ou a robótica de forma geral) para podermos usar em nossas aulas, pois isso ajuda demais a, primeiramente, criar uma vontade de estudar nos nossos alunos e também engrandecer o conhecimento que podemos passar para eles. (P47)

Ter conhecimento da impressora 3D e conhecimento de robótica para ser utilizado em sala de aula e a importância de fazer. (P54)

Aprender melhor sobre como usar alguns softwares de modelagem, e melhorar esse uso no ensino. (P55)

Ainda dentro deste panorama, alguns participantes, P39, P41, P43, P52 e P53 expressam um interesse mais voltado a entender como implementar a Cultura *Maker* nas escolas e como estruturar um laboratório, demonstrando que há uma preocupação que vai além do uso das ferramentas, abarcando também aspectos de gestão, montagem dos espaços e viabilização das práticas dentro do contexto escolar.

Os primeiros passos a serem dados na posição de professor na implementação da Cultura Maker e Fabricação Digital no ensino de Geometria. (P39)

Adquirir princípios elementares da robótica, da Cultura Maker, para reproduzir com alunos/as e professores. (P41)

O básico, mas principalmente os meios para implantar a Cultura. Onde comprar e como montar um laboratório. (P43)

Funcionalidades disponíveis através da Cultura Maker e impressoras 3D. Como utilizar essas inovações em turmas de 2º ano. (P52)

Noções de construção de Robótica para realizar em sala de aula sempre que possível com os alunos, além de usar toda a gama de conhecimentos sobre a Cultura Maker. (P53)

Por fim, um grupo significativo de participantes, entre eles P30, P36, P38, P40, P49, P50 e P60, relaciona suas expectativas diretamente à melhoria da prática pedagógica, à inovação nas aulas e, sobretudo, à motivação e engajamento dos alunos. Estes participantes reconhecem que as metodologias associadas à Cultura *Maker* e à Robótica são instrumentos capazes de transformar o processo de ensino-aprendizagem.

Inovação no uso das tecnologias educacionais, melhoria na aprendizagem dos alunos e desenvolvimento de uma educação colaborativa. (P30)

Desenvolver projetos que envolvem a robótica e que possam ser aplicados com alunos dos anos iniciais também. (P36)

Desenvolver aulas mais ativas com ajuda da Cultura Maker e Robótica. Com o advento da tecnologia, a aprendizagem fica bem fácil. Simuladores são essenciais para o ensino e aprendizagem de Física. (P38)

Ideias práticas da robótica para, se possível, aplicar em sala de aula como forma de motivar e despertar o interesse dos alunos(as). (P40)

Projetos que empolguem os alunos. Projetos que direcionem ao que a juventude sabe fazer, que é jogar os jogos eletrônicos. E alimentar a competitividade que já existe entre eles. (P49)

Espero aprender sobre a Cultura Maker associada à robótica no ensino de Geometria. Para assim, associar saberes multiprofissionais. (P50)

Adquirir conhecimentos em robótica para utilizar na prática docente. Articular os conhecimentos adquiridos com a teoria construcionista para desenvolver habilidades Matemáticas com estudantes. (P60)

Dando sequência à análise do Eixo 7 – Expectativas para a Formação, a Questão 2: “Quais são suas maiores dificuldades ao ensinar Geometria?” foi respondida por professores de diferentes áreas, muitos dos quais não atuam diretamente com esse conteúdo. Diante disso, optou-se, de forma metodológica e coerente, por realizar um recorte analítico que considera exclusivamente os docentes com formação em Matemática, uma vez que são eles que, de fato, lidam diretamente com o ensino da Geometria no contexto escolar. Essa escolha permite uma compreensão mais precisa, fidedigna e alinhada aos objetivos da pesquisa sobre os desafios enfrentados na prática pedagógica desse conteúdo.

Entre as dificuldades apontadas, destaca-se de forma bastante evidente a falta de recursos materiais, tecnológicos e estruturais nas instituições. Essa ausência limita as possibilidades de desenvolvimento de atividades práticas, uso de recursos manipuláveis ou tecnológicos que facilitem a visualização e compreensão dos conceitos geométricos, sobretudo aqueles que envolvem noções espaciais. Esse desafio é relatado pelos participantes P3, P14, P21, P39 e P49, que expressam diretamente como a precariedade estrutural impacta negativamente no processo de ensino e aprendizagem da Geometria.

A falta de acesso ao laboratório de informática, para diversificar as aulas, levando os alunos para verem na prática com uso de site/programas com fins matemáticos/geométricos. (P3)

Falta de recursos materiais por parte da instituição, melhor investimento na área. (P14)

Fazer com que o aluno consiga ter a noção espacial de objetos tridimensionais a partir de imagens presentes em livros, testes, entre outros, que ele não tenha o auxílio de simuladores virtuais ou objetos que possam ser criados manualmente. (P21)

Os ausência ou deficiência dos pré-requisitos por parte dos alunos. Recursos pedagógicos disponível na escola. (P39)

Facilitaria o ensino de Geometria se tivéssemos material disponível nas escolas. (P49)

Outra dificuldade bastante recorrente entre os docentes diz respeito às limitações dos próprios alunos em relação ao conhecimento prévio, à abstração e à capacidade de desenvolver raciocínio espacial, além de aspectos relacionados ao engajamento e ao compromisso nas atividades. Esse fator impacta diretamente no desenvolvimento dos conceitos geométricos, visto que muitos estudantes apresentam resistência, dificuldades cognitivas ou falta de base necessária para avançar no aprendizado. Essa percepção aparece de maneira clara nas respostas dos participantes P17, P26, P39, P40 e P58, que apontam não apenas as lacunas de aprendizagem dos alunos, mas também o quanto isso interfere no andamento das aulas e na efetividade das estratégias adotadas.

Conhecimento prévios dos alunos, material didático, compromisso dos alunos com as atividades propostas. (P17)

As maiores dificuldades que encontro no ensino da Geometria é a falta de percepção do aluno de vê a álgebra como um recurso de resolução de problemas que envolvam a Geometria. (P26)

Os ausência ou deficiência dos pré-requisitos por parte dos alunos. Recursos pedagógicos disponível na escola. (P39)

Desconstruir os equívocos que os estudantes carregam sobre a Matemática. Despertar a atenção dos mesmos para o conteúdo da disciplina e agregar significados em suas vidas com estes conhecimentos. (P40)

Os alunos têm dificuldades de entenderem alguns conceitos geométricos, portanto surge a necessidade de novas alternativas. (P58)

Além desses desafios, surge também a dificuldade relacionada às metodologias de ensino e às estratégias didáticas capazes de tornar os conteúdos geométricos mais compreensíveis para os alunos. Muitos professores relatam sentir dificuldades em escolher abordagens que consigam aliar teoria e prática, tornar os conteúdos mais palpáveis e, sobretudo, despertar o interesse dos estudantes. Esse desafio aparece nas falas dos participantes P24, P53 e P54, que reforçam a necessidade de buscar metodologias mais eficazes e, ao mesmo tempo, enfrentam limitações relacionadas ao domínio de tecnologias e ferramentas pedagógicas.

Aplicar metodologia que facilite o aprendizado, nem sempre é fácil encontrar o meio correto de envolver os alunos ativamente no processo. (P24)

Fazer com que os alunos entendam e aprendam os conceitos geométricos para que, compreendendo, consigam resolver situações problemas envolvendo Geometria. Creio que o uso de materiais concretos com figuras planas e espaciais possam ajudar na construção do conhecimento dos alunos, além do uso da computação e manipulações com programas como o Geogebra para ajudar em aprendizagens significativas. (P53)

Fazer os alunos compreenderem a disciplina sem ter conhecimentos da área computacional. (P54)

Por fim, observa-se também que, para alguns professores, principalmente aqueles em início de carreira, como o participante P9, existe uma dificuldade natural relacionada à falta de experiência na condução de aulas de Geometria, especialmente na representação gráfica de sólidos, figuras espaciais e na utilização de recursos visuais.

Não tenho muita experiência, pois ainda sou graduando; não cheguei a dar aula de Geometria plana. Com relação à aula de Geometria espacial, houveram dificuldades na hora de representar o poliedro na lousa, como prismas de bases formadas por base  $\geq 5$ , apenas com o uso do pincel e quadro branco. (P9)

Essa análise evidencia, portanto, que as dificuldades dos professores de Matemática no ensino da Geometria se distribuem entre fatores estruturais, limitações dos próprios alunos, desafios metodológicos e, em alguns casos, a própria falta de experiência docente. Esse cenário reforça, mais uma vez, a relevância de formações que articulem os princípios da Cultura *Maker*, da Robótica e das Tecnologias Digitais como recursos para superar parte desses desafios.

Dando continuidade à análise do Eixo 7 – Expectativas para a Formação, a Questão 3: “O que você acredita que pode ser feito para melhorar o ensino de perímetro e área na sua prática pedagógica?” tem como objetivo compreender quais estratégias, metodologias e práticas os docentes com formação em Matemática acreditam que possam ser implementadas para tornar o ensino desses conceitos mais efetivo.

Assim como realizado nas questões anteriores, optou-se por um recorte analítico, considerando apenas os professores de Matemática, a fim de garantir uma análise mais precisa, coerente e alinhada ao público-alvo da pesquisa. As respostas revelam que esses docentes reconhecem que o ensino de perímetro e área apresenta desafios relacionados à abstração dos conceitos, à falta de recursos e à necessidade de tornar o conteúdo mais concreto, contextualizado e conectado às experiências dos alunos.

Entre as estratégias apontadas, destaca-se de forma bastante recorrente a necessidade de tornar o ensino mais prático, utilizando atividades lúdicas, materiais manipuláveis, medições no ambiente escolar e recursos tecnológicos que permitam aos alunos compreender os conceitos de forma mais concreta e aplicada. Essa percepção aparece de forma clara nas respostas dos participantes P3, P9, P17, P21, P26, P39, P53 e P54, que reconhecem que, ao permitir que os alunos vivenciem na prática as situações que envolvem perímetro e área, o processo de aprendizagem se torna mais prazeroso.

Acredito que com aulas lúdicas, incentivando a participação dos alunos, facilita a aprendizagem. (P3)

Aulas lúdicas com o apoio de materiais manipuláveis para alunos do ensino fundamental. Auxílio de sites como o GeoGebra para alunos do ensino fundamental e médio. (P9)

Acredito que mais aulas práticas, levando os estudantes a medir os perímetros de objetos e ambientes, seriam benéficas. (P17)

Utilizar atividades criadas com objetos manuais e a partir deles realizar medições, observando os diferentes conceitos de perímetro e área, realização de medições de espaços físicos da escola pelos alunos com a supervisão do professor, utilizando fitas métricas físicas ou digitais, comparação entre resultados práticos observados e exercícios ou problemas apresentados em livros ou testes, resolução de problemas utilizando softwares/simuladores, entre outros. (P21)

Uma maneira mais eficaz de trabalhar esse conteúdo é desenvolver atividades práticas dentro da escola, no qual o aluno poderá determinar o perímetro e a área de ambientes encontrados no convívio escolar. (P26)

Colocar o aluno como protagonista do processo de aprendizagem. Por a ‘mão na massa’. (P39)

Apresentar os conceitos de área e de perímetro de maneira prática e divertida, se possível, de maneira que chame a atenção dos alunos e o interesse em resolver situações-problema, usando algo prático em sala de aula e fora da sala de aula, em ambientes favoráveis onde os estudantes possam medir, anotar e calcular área e perímetro. (P53)

A prática utilizando meios práticos como material reciclável e computacional no apoio. (P54)

Além disso, outra dimensão apontada pelos docentes refere-se à falta de recursos materiais e tecnológicos, que dificulta a construção de práticas mais dinâmicas e eficazes no ensino de perímetro e área. Esse desafio aparece de forma direta nas respostas dos participantes P14 e P49, que indicam que, sem o suporte de materiais adequados, o ensino acaba se tornando excessivamente teórico e menos atrativo para os alunos.

Utilização de mais recursos materiais na aplicação do ensino em sala de aula com os discentes. (P14)

Saber as operações básicas. Melhorar a formação dos anos iniciais nas operações. (P49)

Por fim, alguns participantes também enfatizam a importância de incorporar ferramentas digitais e metodologias inovadoras, como Cultura *Maker*, robótica, modelagem 3D, simuladores e plataformas digitais, que possibilitem aos alunos interagir de forma mais ativa e construtiva com os conceitos matemáticos. Essa abordagem aparece nas respostas dos participantes P24, P40 e P58, que reforçam que o uso da tecnologia e de práticas pedagógicas contextualizadas pode ser um caminho viável e necessário para melhorar o ensino de perímetro e área.

Usar ferramentas digitais para apoiar (tablets, telas interativas, robótica, etc.). Programas simuladores digitais são ferramentas importantes para este tipo de ensino. (P24)

Acredito que com material lúdico, manipulação e com o uso da tecnologia possa ser um primeiro passo para motivar e criar interesse. (P40)

Novas práticas que sejam mais agradáveis para que os alunos entendam os conceitos, suas diferenças e usos em situações-problemas. (P58)

De modo geral, a análise das respostas dos professores de Matemática evidencia que há um consenso sobre a necessidade de superar a abordagem tradicional e investir em práticas que tornem o ensino mais concreto, contextualizado e conectado à realidade dos alunos. As estratégias apontadas reforçam que o uso de materiais manipuláveis, recursos digitais, metodologias ativas e atividades práticas não são apenas desejáveis, mas fundamentais para que os alunos desenvolvam uma compreensão mais sólida e aplicada dos conceitos de perímetro e área.

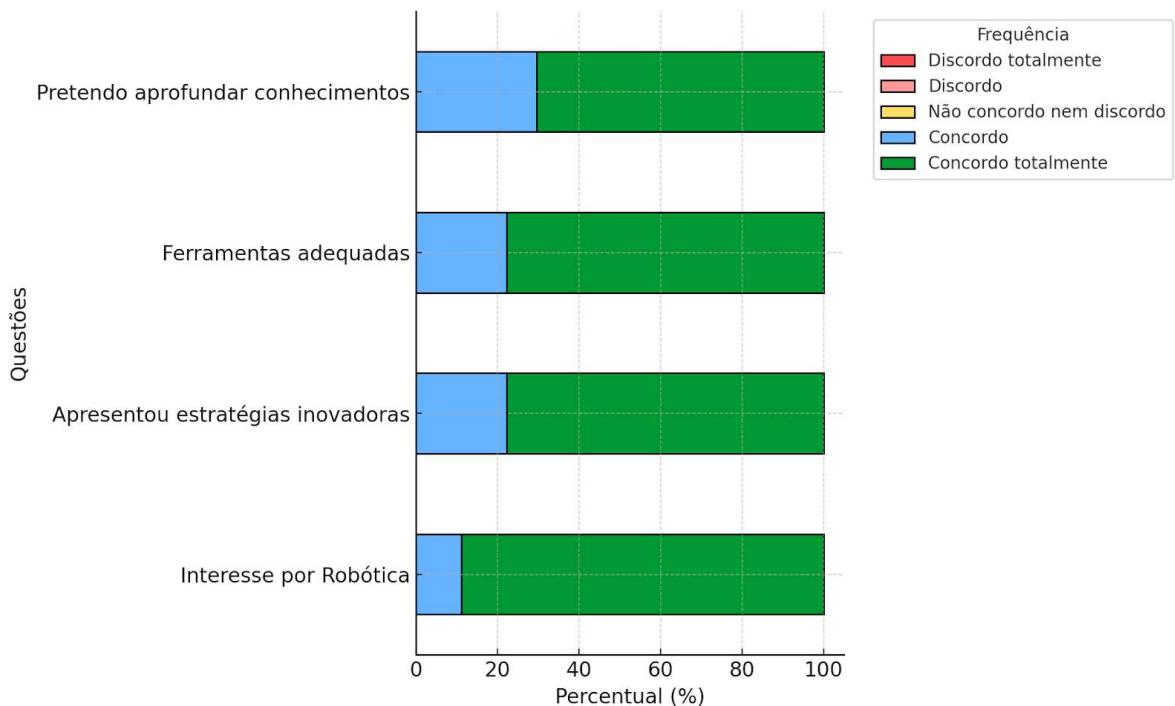
Diante dos dados analisados no questionário diagnóstico, foi possível identificar com clareza os perfis, os conhecimentos prévios, as percepções e, sobretudo, as demandas formativas dos participantes em relação à Cultura *Maker*, à Robótica Educacional e à utilização de tecnologias no ensino da Geometria. As informações levantadas revelaram não apenas desafios estruturais, formativos e metodológicos enfrentados pelos docentes, mas também uma expectativa por práticas pedagógicas mais inovadoras.

Esse mapeamento inicial se mostra fundamental, pois fornece subsídios concretos para avaliar a efetividade da formação proposta, especialmente no que diz respeito ao desenvolvimento de competências técnicas e pedagógicas vinculadas à Cultura *Maker* e à aplicação desses saberes no ensino da Matemática. A partir deste ponto, dá-se início à análise dos dados obtidos no questionário final (pós-teste), permitindo verificar as mudanças, avanços e reflexões construídas ao longo da formação, para, então, realizar uma comparação dos resultados que evidencie os impactos e os possíveis desdobramentos desse processo formativo.

O questionário final (pós-teste) foi respondido por 27 participantes, dos quais 11 são professores com formação em Matemática. Este instrumento foi elaborado com questões organizadas em eixos temáticos, sendo parte delas estruturadas em escala *Likert* e outras em formato subjetivo, permitindo tanto uma análise quantitativa quanto qualitativa. O objetivo foi avaliar as percepções dos participantes sobre os conhecimentos adquiridos, as ferramentas utilizadas e os impactos da formação na prática pedagógica.

O primeiro eixo analisa a percepção geral sobre a formação, reunindo quatro questões que avaliam se houve aumento do interesse por Robótica Educacional e Cultura *Maker*, se a formação apresentou estratégias inovadoras, se as ferramentas utilizadas foram adequadas e se os participantes pretendem continuar estudando e aprofundando seus conhecimentos na área. As respostas desse eixo foram organizadas no Gráfico 26, que apresenta de forma consolidada a distribuição percentual das respostas.

Gráfico 26 – Percepção geral sobre a formação em Cultura *Maker* e Robótica Educacional



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O Gráfico 25 revela uma percepção amplamente positiva dos participantes em relação à formação. Todas as questões apresentaram respostas concentradas nas opções “Concordo” e “Concordo totalmente”, não havendo registros nas categorias de discordância ou neutralidade.

Na questão sobre o aumento do interesse por Robótica Educacional e Cultura *Maker*, 88,8% dos participantes assinalaram “Concordo totalmente” e 11,2% “Concordo”, evidenciando um impacto direto na motivação dos docentes. De forma semelhante, tanto na avaliação sobre se a formação apresentou estratégias inovadoras quanto na percepção sobre a adequação das ferramentas, os resultados foram idênticos, com 77,7% dos participantes respondendo “Concordo totalmente” e 22,3% “Concordo”.

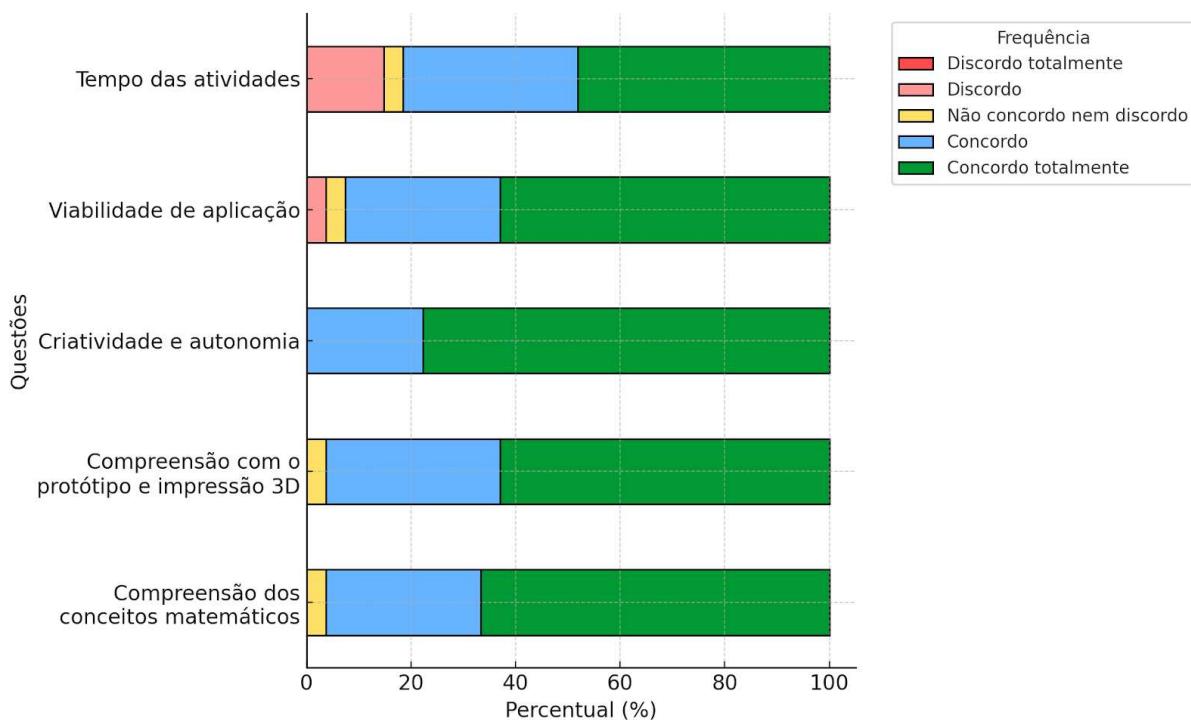
Por fim, quando questionados sobre a intenção de continuar estudando e aprofundando os conhecimentos, 70,3% assinalaram “Concordo totalmente” e 29,7% “Concordo”. Esses dados reforçam que a formação foi altamente efetiva, não apenas no desenvolvimento de

competências, mas também no fortalecimento do interesse e do engajamento dos participantes com as práticas de Cultura *Maker* e Robótica Educacional.

O segundo eixo temático do questionário final aborda a Avaliação das Situações Didáticas desenvolvidas durante a formação. Este conjunto de questões buscou compreender a percepção dos participantes sobre a efetividade das atividades propostas, a adequação dos recursos utilizados, o impacto da abordagem metodológica adotada e a viabilidade de aplicação dos materiais em suas práticas pedagógicas.

Para fins de organização no Gráfico 27, as perguntas foram apresentadas com as seguintes nomenclaturas: Compreensão dos conceitos matemáticos, que avalia se as atividades ajudaram na compreensão de conteúdos como área, perímetro, ângulos e proporções; Compreensão com o protótipo e impressão 3D, que investiga se o uso do carrinho robótico e dos objetos impressos em 3D contribuiu para o entendimento dos conceitos geométricos; Criatividade e autonomia, que analisa se a abordagem baseada na Cultura *Maker* e no Construcionismo estimulou esses aspectos; Viabilidade de aplicação, que questiona se a Sequência Didática são aplicáveis na prática docente; e Tempo das atividades, que avalia se o tempo destinado a cada atividade foi considerado adequado pelos participantes.

Gráfico 27 – Avaliação das Situações Didáticas



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O Gráfico 27 demonstra, de maneira geral, uma avaliação bastante positiva da Sequência Didática aplicada durante a formação. Na questão sobre se as atividades ajudaram

a compreender melhor os conceitos matemáticos abordados, 66,6% dos participantes responderam “Concordo totalmente”, 29,6% assinalaram “Concordo” e apenas 3,7% marcaram “Não concordo nem discordo”, sem registros nas opções de discordância.

De forma muito semelhante, quando questionados se a utilização do Protótipo Móvel Autônomo e da impressão 3D facilitou a compreensão dos conceitos geométricos, 62,9% dos participantes optaram por “Concordo totalmente”, 33,3% escolheram “Concordo” e apenas 3,7% “Não concordo nem discordo”.

A questão que avaliou se a abordagem baseada na Cultura *Maker* e no Construcionismo estimulou a criatividade e a autonomia apresentou o índice mais alto de concordância máxima, com 77,7% respondendo “Concordo totalmente” e 22,3% “Concordo”, sem qualquer registro em outras categorias.

Quanto à percepção sobre a viabilidade de realização da Sequência Didática na prática docente, 62,9% indicaram “Concordo totalmente”, 29,6% assinalaram “Concordo”, enquanto 3,7% escolheram “Não concordo nem discordo” e outros 3,7% “Discordo”.

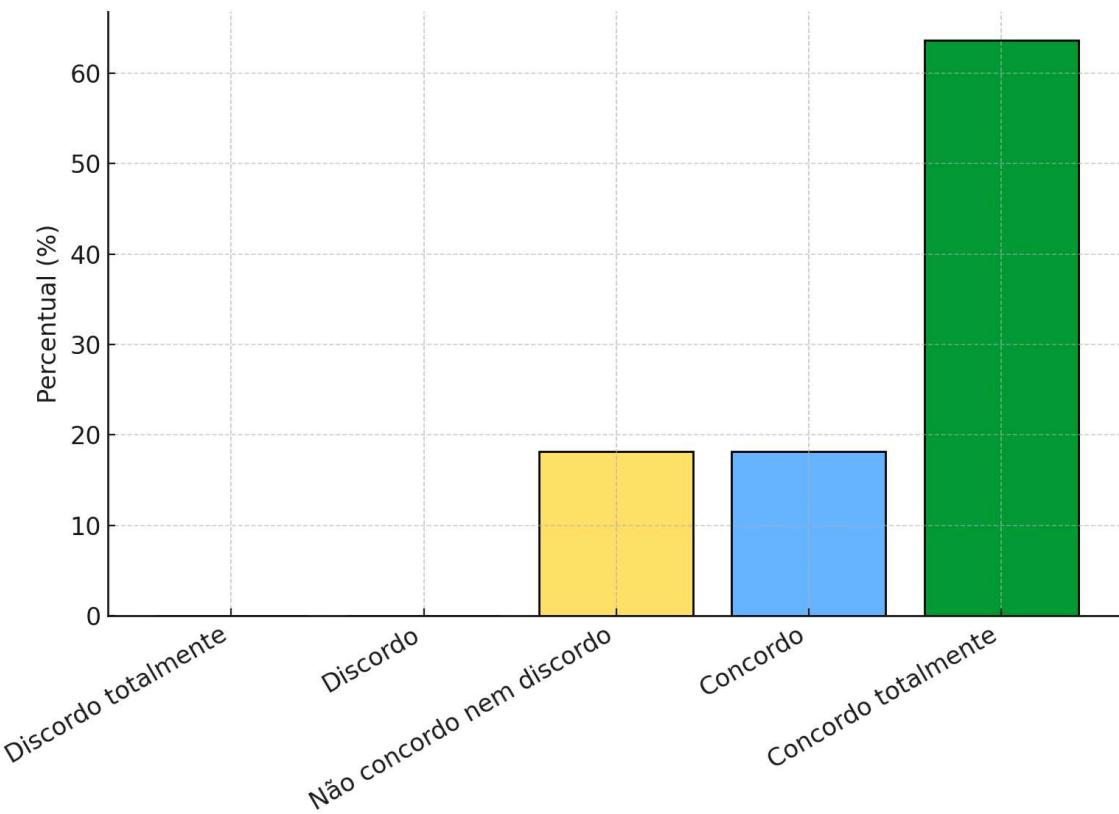
A única questão que apresentou um índice ligeiramente menor de satisfação foi sobre a adequação do tempo destinado às atividades. Embora a maioria ainda tenha se posicionado de forma positiva, com 48,1% em “Concordo totalmente” e 33,3% em “Concordo”, nota-se que 14,8% dos participantes marcaram “Discordo” e 3,7% escolheram “Não concordo nem discordo”, indicando que, para alguns, o tempo foi insuficiente ou precisaria de ajustes.

Os dados apresentados no Gráfico 26 confirmam que, apesar de pequenas ressalvas quanto ao tempo, os participantes avaliaram de forma muito positiva tanto a estrutura quanto a proposta metodológica da Sequência Didática, reconhecendo sua eficácia na aprendizagem de conceitos geométricos e sua aplicabilidade no contexto escolar.

O terceiro eixo temático do questionário final aborda o Impacto na Prática Pedagógica, buscando compreender como os conhecimentos e experiências adquiridos na formação podem influenciar as práticas docentes. A análise deste eixo será feita de forma diferenciada, considerando o perfil dos respondentes em cada questão.

Na primeira questão, foram analisadas exclusivamente as respostas dos professores com formação em Matemática, por se tratar de uma afirmação diretamente vinculada à prática desse componente curricular. A pergunta investigou se os participantes se sentem mais preparados para integrar a Robótica Educacional e a Fabricação Digital ao ensino de Matemática. As respostas foram organizadas no Gráfico 28, que apresenta a distribuição percentual dos dados.

Gráfico 28 – Percepção dos professores de Matemática sobre sua preparação para integrar Robótica e Fabricação Digital ao ensino de Matemática

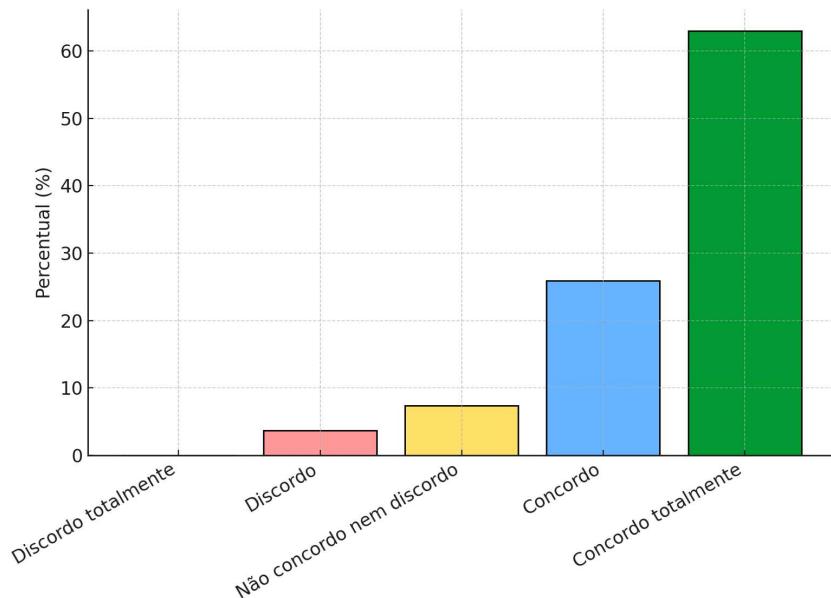


Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise do Gráfico 28 revela que a percepção dos professores de Matemática em relação à própria preparação para integrar a Robótica Educacional e a Fabricação Digital ao ensino é bastante positiva. A maioria dos respondentes, equivalente a 63,6%, selecionou a opção “Concordo totalmente”, enquanto 18,2% indicaram “Concordo”. Por outro lado, 18,2% dos participantes marcaram “Não concordo nem discordo”, o que sinaliza que, embora a maioria se sinta segura, ainda há uma parcela que demonstra certa insegurança ou entende que precisa de mais tempo, aprofundamento ou prática para consolidar esses conhecimentos. Não foram registradas respostas nas opções “Discordo” e “Discordo totalmente”, o que reforça que, mesmo entre os que se sentem parcialmente inseguros, não há percepção de total despreparo.

A segunda questão deste eixo buscou compreender se os participantes pretendem realizar ou adaptar a Sequência Didática desenvolvida durante a formação em suas práticas pedagógicas. Diferente da questão anterior, esta foi respondida por todos os participantes, independentemente da área de atuação. As respostas estão organizadas no Gráfico 29, que apresenta a distribuição percentual dos dados.

Gráfico 29 – Intenção dos participantes de realizar ou adaptar as Sequências Didáticas em suas aulas.



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise do Gráfico 29 revela que a grande maioria dos participantes demonstra uma intenção clara de levar para suas aulas os conhecimentos e as práticas vivenciadas na formação. 62,9% dos respondentes assinalaram a opção “Concordo totalmente”, enquanto 25,9% marcaram “Concordo”, demonstrando uma forte adesão à proposta.

Por outro lado, observa-se que 7,4% escolheram “Não concordo nem discordo”, sinalizando uma posição mais neutra, possivelmente associada a fatores como contexto escolar, área de atuação ou necessidade de mais tempo para planejamento e adaptação das propostas. Apenas 3,7% indicaram “Discordo”, enquanto não houve registros na opção “Discordo totalmente”.

Dando sequência à análise do eixo Impacto na Prática Pedagógica, a Questão 3 buscou identificar os principais desafios enfrentados pelos participantes durante a realização da Sequência Didática. As respostas revelam uma diversidade de dificuldades, que podem ser organizadas em quatro grandes temas: dificuldades com programação e lógica computacional, desafios no uso de ferramentas digitais e modelagem 3D, limitações de tempo e infraestrutura e dificuldades relacionadas ao conhecimento prévio ou à formação fora da área de exatas.

Um dos desafios mais recorrentes relatados pelos participantes esteve relacionado à programação, ao PC e à lógica de montagem dos circuitos no Arduino. Muitos relataram dificuldades para compreender comandos, funções, estrutura dos códigos e conexões dos componentes. Este desafio aparece claramente nas respostas de P3, P6, P14, P26, P33, P53,

P56, P59, P61 e P32, que evidenciam tanto a falta de familiaridade com a programação quanto às dificuldades na aplicação prática desses conhecimentos.

A parte da programação, já tive contato em outro site anteriormente, mas era muito diferente, levei um tempo para conseguir entender e conseguir programar. (P3)

A programação e a compreensão dos conceitos técnicos relacionados ao uso do Arduino. O uso dos blocos de programação e a compreensão das portas de conexão etc. (P6)

Meu principal desafio foi para fazer a programação, pois nunca havia feito anteriormente, mas com ajuda e orientação do professor conseguimos. (P14)

A montagem da programação, pois é bastante complexo, mas altamente didático. (P26)

Programação dos circuitos das Sequências Didáticas a cada aula e a programação do tempo e dos desafios. (P33)

A falta de conhecimento prévio e necessário sobre a prática nas oficinas, como o conhecimento da placa Arduino e programação. (P53)

Colocar as medidas ideais para fazer o chassi, fazer a curva de 90°, fazer o circuito da Sequência Didática. (P56)

Montagem do protótipo, que leva bastante tempo, programação, que necessita de conhecimento de lógica e Pensamento Computacional. (P59)

Montar os circuitos elétricos e realizar a programação do Arduino foram as maiores dificuldades, devido à falta de conhecimento de minha parte. (P61)

Eu e os integrantes tivemos dificuldades com a programação e também com os fios que deveriam ser colocados no Arduino, além disso algumas das nossas peças apresentaram problemas. (P32)

Outro grupo de respostas destaca os desafios relacionados ao uso de ferramentas digitais e à modelagem 3D, especialmente no manuseio do *Tinkercad software*, utilizado para a modelagem do *chassi* e simulação dos circuitos. Este desafio aparece nas falas de P21, P8, P36, P54 e P58, que apontam tanto a falta de familiaridade inicial quanto a curva de aprendizado necessária para utilizar essas ferramentas de forma eficiente.

Primeiramente a utilização do Tinkercad e os blocos geométricos disponibilizados na plataforma para construção dos protótipos e a plataforma de programação que não era conhecida. P21)

A falta de experiência e vivência com o tema, especialmente com programação. O uso do Tinkercad também foi um desafio, pois não conhecia, embora seja bastante intuitivo. (P8)

Fazer o chassi no Tinkercad foi desafiador, mas o trabalho em equipe facilitou e colaborou na compreensão da atividade. (P36)

Conhecer o sistema Tinkercad e conhecer a programação, perceber e saber entender a situação e resolver os desafios. (P54)

Entender como simplificar a programação no IDE, aplicar a programação na resolução de problemas, entender o uso do Tinkercad na elaboração do chassi. (P58)

As limitações de tempo e de infraestrutura também foram apontadas como fatores desafiadores. A disponibilidade restrita dos recursos, a dificuldade em conciliar as atividades com a rotina pessoal e profissional, além do tempo apertado para execução das tarefas, aparecem nas respostas de P12, P19, P32, P35 e P62.

Tempo limitado para manipulação, impressão e limitação na disponibilidade dos recursos para aprofundamento durante a semana. (P12)

Por não ter conhecimento prévio de robótica e até mesmo pela minha formação, senti muita dificuldade na realização das atividades propostas. E também o tempo foi curto. (P19)

Eu e os integrantes da minha equipe também tivemos dificuldades em utilizar o paquímetro na primeira aula, e isso desmotivou a equipe. Porém, com as outras aulas foi ficando mais tranquilo e o tempo de aula melhorou também. (P32)

A falta do material em casa ou na escola para ir testando. Imaginar o que nós não vemos e não sabemos é mais difícil. (P35)

Compreender o uso correto dos materiais e articular com a programação. As aulas presenciais foram um grande desafio, pois além do trabalho semanal na escola, tem também a jornada dupla em casa e com as crianças. (P62)

Por fim, outro fator que aparece de forma significativa são as dificuldades associadas ao próprio perfil formativo dos participantes, especialmente daqueles que não atuam na área de exatas ou que não possuem familiaridade com os conceitos matemáticos, de física ou de robótica. Este aspecto é mencionado nas respostas de P2, P22, P50 e P9.

A assimilação com os campos e áreas de ensino em Química. Aplicação no processo de ensino-aprendizagem em Química. (P2)

Não familiarização com os programas. O fato de ser de outra área me desmotivou um pouco. Não tenho conhecimento aprofundado das ferramentas, dos softwares. (P22)

No meu caso, um dos maiores desafios foi a questão dos conceitos de Matemática mesmo, visto que, não sou docente desta área. (P50)

Perdi a aula de montagem do carrinho, o que atrapalhou um pouco na compreensão do que cada componente fazia. Tive dificuldade em programar para fazer o protótipo executar o movimento, mas no fim deu certo, em partes. (P9)

Embora os desafios tenham sido diversos, muitos participantes relataram que a colaboração entre os colegas e a mediação durante a formação foram fundamentais para superar as dificuldades. Isso fica evidente nas respostas de P17, P37, P40 e P42, que mencionam não ter enfrentado grandes dificuldades ou que conseguiram superá-las com o apoio coletivo.

Tive poucas dificuldades, pois já conhecia algumas das ferramentas, então isso facilitou para a aprendizagem.” (P17)

As dificuldades foram poucas, pois usamos o conhecimento prévio, e isso foi possível para solucionar os desafios. (P37)

Não tive dificuldades, pois já tinha um conhecimento prévio e isso acabou facilitando. E a colaboração dos colegas ajudou muito. (P40)

A utilização do material didático ajudou muito no processo de aprendizagem. Por isso, não tive dificuldades em acompanhar as práticas. (P42)

De modo geral, a análise desta questão evidencia que, embora os desafios tenham sido significativos, especialmente no domínio da programação e do uso de ferramentas digitais, o percurso formativo se mostrou viável. A superação coletiva, o suporte entre pares e a mediação nas oficinas foram fundamentais para transformar as dificuldades em oportunidades de aprendizagem.

Dando continuidade à análise do eixo Impacto na Prática Pedagógica, a Questão 4 buscou identificar os principais aprendizados construídos pelos participantes ao longo da formação. As respostas revelam que os aprendizados foram amplos e integrados, abrangendo tanto aspectos técnicos quanto conceituais e pedagógicos. A análise permite organizar esses aprendizados em quatro grandes eixos: programação e Robótica Educacional, modelagem 3D e Fabricação Digital, Cultura *Maker* aplicada à prática pedagógica e articulação entre Geometria, tecnologia e metodologias inovadoras.

O grupo de aprendizados mais citado está relacionado ao domínio da programação, do uso do Arduino e da lógica computacional, especialmente no contexto educacional. Vários participantes destacaram ter desenvolvido habilidades no manuseio de *softwares* de programação em blocos, na montagem de circuitos e na criação de comandos que controlam os protótipos, aspectos que até então eram desconhecidos ou pouco dominados. Esse aprendizado aparece com força nas respostas de P6, P14, P26, P33, P40, P42, P53, P56, P59 e P61.

Modelagem 3D e o manuseio do Arduino. A montagem do protótipo. A melhor compreensão sobre a programação em bloco no contexto do Arduino. (P6)

A Cultura *Maker* necessária para a criação do carrinho e a programação foram grandes aprendizados adquiridos. (P14)

O aperfeiçoamento da linguagem de programação dos movimentos do carrinho e a utilização do programa para fazer o chassi. (P26)

Conhecimentos de robótica, Pensamento Computacional, Cultura *Maker* e demais conhecimentos voltados para a prática docente. (P33)

A utilização do Tinkercad, revisão da placa Arduino, novas amizades com trocas de conhecimentos e utilização da impressora 3D. Muito TOP. (P40)

Práticas de Cultura Maker, que envolvem impressões 3D, montagem de circuitos, programação. Observar o que deu e não deu certo. (P42)

Diversos conhecimentos novos que não tinha propriedade, como conhecer novos aplicativos ou plataformas como as placas Arduino, conhecer melhor a programação. (P53)

Programar no Mblock; relacionar o estudo de Geometria com Robótica Educacional e Cultura Maker. (P56)

Modelagem, prototipagem, programação, trabalho em grupo, resolução de desafios, utilização de impressoras 3D. (P59)

Aprendizagem sobre programação, circuitos, medição com paquímetro. A parte do chassi nem tanto porque já havia usado o Tinkercad. (P61)

Outro grupo de aprendizados relevantes refere-se ao desenvolvimento de competências no uso da modelagem 3D, do *Tinkercad* e da Fabricação Digital, especialmente no contexto da construção de protótipos e da utilização de impressoras 3D. Esse aspecto foi apontado por participantes como P2, P12, P17, P21, P36, P42 e P62, que reconheceram que essas ferramentas são inovadoras e promoveram um momento de aquisição de conhecimentos.

A modelagem e a programação, além do espaçamento dimensional do projeto. Além de desenvolvimento de projetos futuros.” (P2)

Os ambientes de modelagem e simulação, bem como os equipamentos que podem ser implementados em práticas Maker.” (P12)

Sobre algumas aplicações dos apps, exemplo: ainda não tinha usado o Tinkercad para desenhos 3D, e sobre a impressora 3D.” (P17)

Construção de protótipos e impressões em 3D, além da aprendizagem de programação em uma nova plataforma.” (P21)

O curso ampliou a minha compreensão sobre a Robótica Educacional, as plataformas utilizadas, como é produzido o material e impresso na impressora 3D.” (P36)

Práticas de Cultura Maker, que envolvem impressões 3D, montagem de circuitos, programação. Observar o que deu e não deu certo. (P42)

Aprendi a usar programas importantes para a impressão 3D como o Tinkercad. Eu já tenho impressora 3D e me possibilitou aumentar ainda mais meus conhecimentos. (P62)

O desenvolvimento de uma compreensão mais ampla sobre a Cultura *Maker*, seus princípios e sua aplicação no contexto escolar também aparece como um dos grandes aprendizados. Os participantes destacaram que, para além dos aspectos técnicos, compreenderam que essa abordagem valoriza o protagonismo, a resolução de problemas e o aprendizado. Esse entendimento foi relatado nas respostas de P8, P9, P19, P37, P54 e P58.

Conceitos característicos da Cultura Maker, softwares para uso da impressora 3D, programação, também foram importantes.” (P8)

Aprendi a importância da Cultura Maker na produção de diversas coisas, como o protótipo criado. Incentivar essa Cultura em sala de aula pode fortalecer o aprendizado dos alunos. (P9)

A experiência que vivenciamos ao longo dos sábados e a oportunidade de conhecer alguns elementos da Cultura Maker. (P19)

Uma forma diferente de abordar conceitos da Geometria, usando a Cultura Maker e a robótica, ver como essas ferramentas facilitam a aprendizagem dos estudantes. (P37)

Cultura Maker e conhecer a robótica e conhecimentos da tecnologia e o entendimento de resolver situações. (P54)

Utilização do Tinkercad e do ambiente de programação com Arduino; montagem do protótipo no chassi; resolução de problemas e análise dos erros; conceitos geométricos através da prototipagem. (P58)

Por fim, um aspecto bastante relevante mencionado está relacionado à articulação entre os conhecimentos de Geometria, Cultura *Maker*, robótica e metodologias inovadoras para o ensino, o que amplia a compreensão sobre práticas pedagógicas mais dinâmicas. Essa reflexão aparece nas respostas de P3, P32, P35, P50 e P22.

Novos sites, novas metodologias para o ensino da Geometria e a prática do construcionismo. Acredito que foram os pontos mais importantes que aprendi durante o curso. (P3)

O interesse maior pela robótica e também por entender mais sobre programação. Além disso, a atividade se mostrou uma excelente atividade que poderia ser aplicada para os alunos em áreas diferentes. (P32)

A pensar nas Sequências Didáticas (eu sou um pouco desorganizada) e ir devagar. A velha pergunta de como meus alunos aprendem vem muito ao encontro desse curso. (P35)

Consegui relembrar alguns conceitos matemáticos de forma dinâmica, inovadora, autônoma e divertida, que pode e deve ser replicada em salas de aula para diversos tipos de ensino, não somente a Matemática. (P50)

Não tinha nenhuma ideia de como funcionava a impressão 3D e seus programas. Não tinha nem ideia de que algumas escolas já estão iniciando. (P22)

De maneira geral, a análise dessa questão demonstra que os aprendizados envolveram o domínio da programação, do Arduino e da lógica computacional, além da modelagem 3D e da Fabricação Digital. Os participantes compreenderam que a Cultura *Maker* promove protagonismo, criatividade e resolução de problemas. A formação também ampliou a visão sobre como articular Geometria, tecnologia e práticas pedagógicas contextualizadas.

A última questão do eixo Impacto na Prática Pedagógica buscou compreender quais aspectos os participantes consideram que poderiam ser aperfeiçoados tanto na formação quanto na Sequência Didática, visando aprimorar sua experiência. As respostas permitiram agrupar as sugestões em quatro grandes eixos: ampliação do tempo de curso e das atividades

práticas, aperfeiçoamento dos materiais, recursos e estrutura, melhoria nas orientações, nas explicações e na organização didática, e ampliação da abordagem interdisciplinar e da contextualização para outras áreas.

A sugestão mais recorrente está relacionada à necessidade de ampliar o tempo do curso e das práticas, tanto no número total de horas quanto no tempo destinado para cada etapa ou atividade. Este apontamento surge nas falas de P3, P9, P17, P19, P26, P32, P35, P37, P42, P56 e P59, que mencionam que mais tempo permitiria consolidar melhor os conhecimentos, aprofundar discussões e explorar mais as ferramentas.

Um curso com mais horas, onde poderíamos aprender de forma mais aprofundada sobre o conteúdo/assunto abordado. (P3)

Mais tempo para execução de cada ação/atividade, para melhor aprendizado. Senti que o tempo foi muito curto. (P9)

O tempo de carga horária do curso é o do certificado, pois acredito que a carga horária torna o curso mais atrativo. (P17)

Acredito que mais tempo e acesso a mais kits ajudaria a quem não tinha nenhum conhecimento sobre o curso. (P19)

Aumentar a carga horária para assim ter mais tempo para o aprendizado e adquirir mais conhecimento para ser aplicado em sala de aula. (P26)

O tempo de aplicação de cada etapa poderia ser maior. (P32)

Eu gostaria que tivéssemos mais espaço físico para as práticas. Também gostaria de ter tido mais tempo para as discussões e vivências. Mais tempo para pensar coletivamente. (P35)

O tempo foi adequado para as atividades, mas esse tempo poderia se estender para que pudéssemos aproveitar mais das ferramentas. (P37)

O tempo do curso poderia ser maior. (P42)

Uma aula a mais para aprender fazer desenho 3D no Tinkercad. (P56)

Mais tempo para o projeto, no mínimo 40 horas, desenvolvimento de novas habilidades, corte a laser, eletrônica básica. (P59)

Outro grupo de sugestões refere-se ao aperfeiçoamento dos materiais, dos recursos físicos e da estrutura, tanto na quantidade de *kits* e equipamentos quanto na adequação dos espaços utilizados. Este ponto aparece nas respostas de P12, P32, P35 e P19.

Mais atividades de objetivação dos conceitos geométricos; disponibilidade de kits para cada participante. (P12)

Alguns dos materiais estavam com alguns problemas e isso pode ter prejudicado um pouco o meu projeto. (P32)

Eu gostaria que tivéssemos mais espaço físico para as práticas. (P35)

Acredito que mais tempo e acesso a mais kits ajudaria a quem não tinha nenhum conhecimento sobre o curso. (P19)

As respostas também sugerem a necessidade de melhorar as explicações, os materiais didáticos e a organização da sequência das atividades, incluindo a indicação de leituras, esclarecimento de conceitos prévios e nivelamento dos participantes no início. Essa necessidade é destacada nas falas de P2, P6, P21, P36, P40, P53, P54, P58, P61 e P62.

A didática dos textos e o passo a passo ser mais dinâmico e educacional para dinamizar os projetos. (P2)

Algumas explicações poderiam ser melhores, mais detalhadas a respeito da modelagem 3D. A presença de monitores poderia ajudar no início, quando a turma estava mais numerosa. (P6)

Fazer um link mais específico com os conteúdos matemáticos abordados, iniciando com nivelamento dos conceitos pensando em um contexto de sala de aula. (P21)

Senti dificuldade na aula inicial em usar o Tinkercad, achei que a plataforma poderia ter sido melhor explicada no início. (P36)

Acredito que ter mais Sequências Didáticas diferenciadas por curso e continuar essas formações também em EAD. (P40)

Melhorar as explicações sobre os conhecimentos prévios necessários para entender melhor os conhecimentos sobre Arduino e sobre a programação. (P53)

Colocar o programa e discutir as situações e detalhes que podem afetar a programação e ver as possibilidades de situações de cada um. (P54)

A lógica dos passos da sequência está muito boa; a interação entre os integrantes da turma ajudou em alguns desafios encontrados. (P58)

A primeira aula me deixou um pouco perdida sobre o que fazer. Talvez deixar isso no material da Sequência Didática. (P61)

Acredito que integrar e articular melhor todos os conhecimentos necessários para uma aprendizagem Maker, isso porque são conhecimentos interdisciplinares, sendo necessário uma equipe com vários profissionais envolvidos. (P62)

Por fim, outro ponto destacado é a necessidade de ampliar a abordagem interdisciplinar e contextualizar mais as práticas para além da Matemática, considerando as realidades de professores de outras áreas. Esse aspecto aparece nas respostas de P8, P22, P33, P50 e P54.

Sugerir leituras relacionadas ao tema, porém em outras áreas, para que possamos adaptar a outros contextos. (P8)

Adentrar na minha área, que é química. Sei que a Matemática está em tudo, mas quanto mais específico for para minha área, melhor para meu entendimento. (P22)

Incluir outras disciplinas para que possa ser multidisciplinar, com foco em outras áreas e até interdisciplinares. (P33)

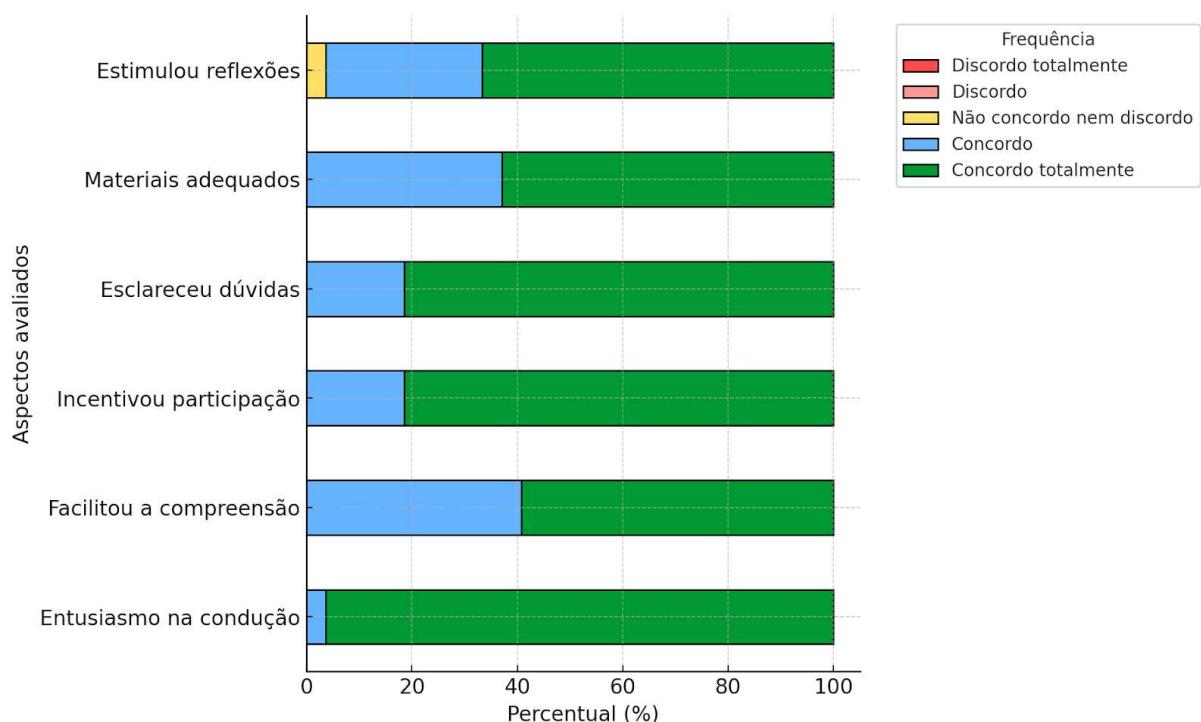
Acredito que uma sequência mais didática para diversos públicos. Contudo, sei que esse curso era voltado mais para os profissionais da Matemática e/ou pessoas que já tinham um conhecimento prévio e ou interesse pela robótica. (P50)

Colocar o programa e discutir as situações e detalhes que podem afetar a programação e ver as possibilidades de situações de cada um. (P54)

De forma geral, a análise desta questão evidencia que os participantes reconhecem o valor da formação e da Sequência Didática, mas apontam que mais tempo, melhor estrutura, aprofundamento nas explicações e maior integração com diferentes áreas do conhecimento poderiam potencializar ainda mais essa experiência formativa.

O quarto e último eixo do questionário final refere-se à Avaliação do Professor Formador, com o objetivo de verificar a percepção dos participantes sobre aspectos relacionados à condução da formação, à clareza nas explicações, à organização dos materiais, ao estímulo à participação ativa e à promoção de reflexões sobre a aplicação da Robótica Educacional e da Cultura *Maker* na prática pedagógica. As respostas foram organizadas no Gráfico 30, que reúne as seis questões desse eixo. Para facilitar a visualização no gráfico, as perguntas foram representadas com os seguintes títulos resumidos: Entusiasmo na condução, Facilitou a compreensão, Incentivou participação, Esclareceu dúvidas, Materiais adequados e Estimulou reflexões.

Gráfico 30 – Avaliação do Professor Formador



Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise do Gráfico 30 revela uma avaliação extremamente positiva do trabalho do professor formador. Na questão que avalia se o formador demonstrou entusiasmo ao conduzir a formação, há praticamente unanimidade, com 96,2% dos participantes respondendo

“Concordo totalmente” e apenas 3,8% marcando “Concordo”, sem registros nas demais categorias.

De forma semelhante, quando questionados se o formador facilitou a compreensão dos conteúdos apresentados, 59,2% responderam “Concordo totalmente” e 40,8% “Concordo”, evidenciando uma percepção bastante positiva, embora com uma leve variação na intensidade das respostas em relação à questão anterior.

A percepção de que o professor incentivou a participação ativa dos professores durante a formação também foi bastante elevada, com 81,4% indicando “Concordo totalmente” e 18,6% “Concordo”, sem qualquer registro de discordância ou neutralidade.

Resultados idênticos foram observados na avaliação sobre se o professor esclareceu dúvidas de forma eficaz, com 81,4% em “Concordo totalmente” e 18,6% em “Concordo”, reforçando o compromisso com o suporte dado aos participantes.

No que diz respeito aos materiais apresentados, 62,9% dos participantes assinalaram “Concordo totalmente” e 37,1% “Concordo”, indicando uma percepção positiva sobre a organização e a adequação dos recursos utilizados.

Por fim, na questão que avaliou se o professor estimulou reflexões sobre a aplicação da Robótica Educacional e Cultura *Maker* na prática pedagógica, 66,6% escolheram “Concordo totalmente”, 29,6% “Concordo” e 3,8% “Não concordo nem discordo”, sendo a única questão com um pequeno registro de neutralidade.

Os dados apresentados no Gráfico 30 demonstram que os participantes reconheceram a atuação do professor formador como altamente satisfatória, tanto na condução dos encontros quanto no suporte oferecido, no estímulo à participação e na promoção de reflexões pedagógicas, consolidando a importância de uma mediação qualificada em processos formativos desse tipo.

Finalizando a análise do questionário final, esta questão buscou compreender como os participantes percebem que a Cultura *Maker* e a Robótica Educacional podem contribuir para o ensino de Geometria. As respostas revelam uma visão bastante consistente sobre o potencial dessas abordagens, que podem ser organizadas em quatro grandes categorias: concretização dos conceitos geométricos, desenvolvimento da visão espacial e do raciocínio matemático, aprendizagem ativa, prática e contextualizada, e potencial interdisciplinar das práticas *Maker* e da robótica.

A maioria dos participantes destacou que a Cultura *Maker* e a Robótica Educacional contribuem diretamente para a concretização dos conceitos geométricos, uma vez que os alunos trabalham com medidas, formas, área, perímetro, ângulos e volume durante a

construção dos protótipos. Essa percepção aparece claramente nas falas de P6, P8, P9, P12, P14, P26, P35, P56 e P61.

Pela aplicação prática dos conceitos na construção do protótipo. A situação de aprendizagem também precisa ser planejada de forma a manipular os conceitos em função da prática que está sendo desenvolvida. (P6)

Através da necessidade de cálculo de área e perímetro para elaboração do carrinho. (P8)

Contribui de forma significativa na compreensão de diversos conceitos na Geometria, conforme vimos na criação do protótipo, como por exemplo: perímetro, área e ângulos. (P9)

Permitindo que os alunos e professores se envolvam em atividades mais significativas e de forma a materializar conceitos que são trabalhados apenas de forma teórica. (P12)

Promovendo uma aprendizagem prática, interativa e contextualizada, através da construção os alunos experimentam os conceitos geométricos. (P14)

Desenvolvendo formas geométricas na construção dos materiais e aproveitando alguns momentos para colocar o conteúdo no meio do projeto. (P26)

Quando há a visualização das peças, trabalhamos área, perímetro, volume. Isso concretiza a informação antes apenas verbal. (P35)

A Cultura Maker alinhada à Robótica Educacional incentiva os alunos a criar e construir, sendo de fundamental importância para a compreensão de conceitos geométricos, permitindo aplicar os conhecimentos em projetos práticos. (P56)

Desde a primeira aula até a última os conceitos geométricos estavam presentes, seja para medir componentes eletrônicos ou modelar o carrinho. (P61)

Outro grupo de respostas evidencia que essas práticas desenvolvem a visão espacial, o raciocínio geométrico e matemático, tornando a aprendizagem mais concreta, visual e compreensível. Essa percepção está presente nas falas de P21, P32, P42, P50 e P59.

A partir do trabalho com noções de medidas, suas transformações no planejamento, na modelagem e na programação. Conceitos de área e perímetro que são intrínsecos à execução da atividade. (P21)

Ensinando formas geométricas, área, comprimento. A utilização do paquímetro também é uma ferramenta que auxilia. (P32)

Nos conceitos de área, volume, bem como custos. Entender como a Cultura Maker funciona no processo da aplicação da Geometria. (P42)

Os próprios aplicativos como o Tinkercad já possuem algumas formas geométricas, e seu uso trabalha conceitos como área, perímetro e volume, de forma atrativa, dinâmica e inovadora. (P50)

A construção dos protótipos pode e vai contribuir para uma visão concreta e espacial, devido aos sólidos e montagem dos carrinhos. (P59)

Vários participantes também ressaltaram que essas práticas promovem uma aprendizagem mais prática, tornando os conceitos mais acessíveis. Isso aparece nas respostas de P3, P14, P36, P37 e P56.

Como foi perceptível durante o curso, a Geometria está presente na robótica, e ao utilizarmos a Cultura Maker e Robótica Educacional estamos ajudando o aluno a entender melhor os conceitos geométricos, o que facilita a compreensão e fixação. (P3)

Promovendo uma aprendizagem prática, interativa e contextualizada, através da construção os alunos experimentam os conceitos geométricos. (P14)

Tornando-o mais prático, envolvente e interativo. Os alunos participam com mais motivação e utilizam da sua criatividade. (P36)

A Cultura Maker e a Robótica Educacional foram fundamentais para que pudéssemos explorar os conceitos da Geometria de forma mais dinâmica e clara. (P37)

Permite que os estudantes apliquem os conhecimentos de Geometria em projetos práticos, como robôs que precisam se movimentar, necessitando de conhecimentos de distância, área, etc. (P56)

Por fim, outra percepção recorrente está relacionada ao potencial interdisciplinar, especialmente quando as práticas *Maker* são utilizadas por professores de outras áreas, como Geografia ou Educação Infantil, que reconhecem na Geometria um eixo integrador. Esse olhar aparece nas falas de P19, P22 e P33.

Eu não sou professora de Matemática, mas ajudará a ensinar as formas geométricas aos meus alunos da Educação Infantil. (P19)

Tudo que é feito na prática estimula muito o interesse dos alunos, e é preciso que eles usem essa ferramenta nos cálculos das áreas no momento da criação das peças. (P22)

Sou professora de Geografia e percebo que minha disciplina dialoga fortemente com esse campo, principalmente ao abordar a noção de espaço e lugar. A Cultura Maker e a Robótica Educacional possibilitam aos alunos a criação de maquetes, mapas tridimensionais e simulações que exigem o uso de formas geométricas, medidas e proporções. (P33)

De modo geral, os dados desta questão confirmam que os participantes reconhecem na Cultura *Maker* e na Robótica Educacional estratégias potentes para tornar o ensino da Geometria mais prático, concreto, dinâmico e significativo, contribuindo tanto para a construção de conceitos matemáticos quanto para o desenvolvimento de habilidades cognitivas, criativas e colaborativas.

A última questão do questionário buscou compreender se os participantes acreditam que as ferramentas utilizadas na formação: Arduino, Impressão 3D e Programação, podem ser incorporadas em suas práticas docentes. As respostas revelam que a maioria dos participantes reconhece o potencial dessas tecnologias para enriquecer o ensino, embora também sinalizem

que a disponibilidade de recursos nas escolas pode ser um desafio. As respostas podem ser organizadas em três grandes categorias: convicção sobre a aplicabilidade das ferramentas na prática docente, condicionamento à infraestrutura e à disponibilidade de materiais, e necessidade de mais domínio ou aprofundamento para efetiva implementação.

Grande parte dos participantes expressou convicção de que essas ferramentas podem ser efetivamente incorporadas às suas práticas, reconhecendo seu potencial para tornar as aulas mais dinâmicas, interativas, significativas e alinhadas ao desenvolvimento de competências como o raciocínio lógico, a criatividade e o pensamento crítico. Essa percepção aparece nas respostas de P2, P3, P6, P12, P17, P21, P26, P32, P33, P35, P37, P42, P50, P53, P56, P58, P61 e P62.

Sim. A dinâmica utilizada pode ser feita para desenvolver formas geométricas, medulas e estruturas de encaixe de moléculas. (P2)

Sim, pois é uma forma de ajudar na fixação e compreensão dos alunos com a Geometria, que para muitos pode ser complexa e difícil. (P3)

Sim. Porque essas ferramentas habilitam a discussão contextualizada de problemas e situações da vida real que podem ser simuladas em eventos de sala de aula. (P12)

Sim. Com a utilização de alguns conceitos matemáticos como perímetro, áreas, sólidos geométricos e o raciocínio lógico. (P17)

Podem, pois elas contribuem para realização de aulas mais dinâmicas e ativas, fazendo com que o aluno seja protagonista do seu aprendizado. (P21)

Sim, desde que tenha o ambiente propício para o desenvolvimento da atividade. (P26)

Sim! Através da criação de jogos e dinâmicas para o ensino de Química. Ao levar atividades lúdicas para a sala de aula os alunos apresentam maior interesse. (P32)

Sim, acredito que essas ferramentas podem enriquecer bastante a prática docente em Geografia. A Impressão 3D permite a criação de relevo, mapas e objetos representativos do espaço geográfico. (P33)

Com certeza. Acredito que voltamos a pensar no concreto. Por mais que nossos alunos estejam no estágio operatório formal, o operatório concreto não deve ser ignorado. (P35)

Sim, pois através da nossa prática foi perceptível que essas ferramentas facilitam a aprendizagem. (P37)

Sim. Elas são o link entre a realidade e a prática. A utilização dos recursos ilustrados na Cultura Maker são essenciais nesse sentido. (P42)

Sim, com certeza. No meu caso, na enfermagem há uma variedade de conceitos que podem ser abordados e aplicados com o uso dessas ferramentas. (P50)

Sim. No caso, na escola que trabalho precisaria que tivéssemos esses materiais disponíveis em um laboratório de Cultura Maker. Ainda não temos, mas sempre buscamos trabalhar práticas com os alunos. (P53)

Sim. A impressora 3D permite a criação de modelos personalizados (de órgãos, por exemplo), o Arduino pode ser utilizado para monitorar e registrar dados como temperatura, umidade, pH. (P56)

Com certeza. Em breve estarei realizando oficinas no meu ambiente de trabalho. O curso me ofereceu várias oportunidades de aprendizados. (P62)

Por outro lado, uma parte dos participantes destacou que a implementação das ferramentas está condicionada à infraestrutura e à disponibilidade dos materiais nas escolas, além da necessidade de ambientes propícios para as práticas. Isso aparece nas falas de P6, P40, P53, P58 e P59.

Sim, desde que tenha acesso aos equipamentos e insumos é perfeitamente possível. (P6)

Teoricamente sim. Porém, na prática, minha escola não dispõe desse aparato, o que torna difícil. Mas pretendo sugerir que possam adquirir quando puderem. (P40)

No caso, na escola que trabalho precisaria que tivéssemos esses materiais disponíveis em um laboratório de Cultura Maker, e no caso não existe ainda esses materiais disponíveis. (P53)

Com certeza, porém a dificuldade são os materiais serem adquiridos nas escolas, pois tal recurso deve ser pensado para essa implementação. (P58)

Na medida do possível, a incorporação das ferramentas como Arduino e Impressão 3D pode ser implementada, tendo como facilitador a existência dos recursos na escola. (P59)

Por fim, alguns participantes expressaram que, embora reconheçam o potencial dessas tecnologias, ainda sentem a necessidade de aprofundar seus conhecimentos para se sentirem seguros na aplicação em sala de aula. Essa percepção surge nas respostas de P8, P9 e P19.

Arduino e programação, confesso que ainda não imagino em minha prática docente. Preciso ver se há algo na literatura. Mas impressora 3D pode sim. (P8)

Atualmente não, pois ainda estou em formação. Mas futuramente pretendo implementar essas ferramentas para deixar a aula mais atrativa. (P9)

Preciso me aprofundar um pouco mais nesses objetos de estudo. Ainda não me sinto segura para aplicá-los na minha prática diária. (P19)

De maneira geral, a análise dessa questão demonstra que os participantes reconhecem amplamente o potencial da Cultura *Maker*, do Arduino, da Impressão 3D e da Programação como ferramentas capazes de tornar o ensino mais dinâmico, significativo e conectado com as demandas contemporâneas, embora apontem que o acesso a recursos e o aprofundamento contínuo sejam fatores fundamentais para sua efetiva implementação.

A análise dos dados do questionário final revela que a formação cumpriu seu papel na ampliação das competências pedagógicas, tecnológicas e metodológicas dos participantes, especialmente no que se refere à incorporação da Cultura *Maker*, da Robótica Educacional, da

modelagem 3D e da programação ao ensino de Geometria. A Sequência Didática foi bem avaliada, tanto em sua aplicabilidade quanto em sua capacidade de tornar o ensino mais concreto, dinâmico e significativo.

Os participantes reconheceram que a abordagem adotada favoreceu a compreensão de conceitos abstratos, estimulando o protagonismo, a autonomia, o raciocínio lógico e o desenvolvimento da criatividade dos alunos. Também se destacou, de forma unânime, a atuação do professor formador, cuja mediação foi considerada essencial no processo de aprendizagem e na superação dos desafios que emergiram ao longo do curso.

Por outro lado, embora a percepção geral tenha sido amplamente positiva, surgem alguns pontos de atenção que precisam ser considerados em futuros aprimoramentos da proposta. Entre os aspectos mais recorrentes, destacam-se a percepção de que o tempo destinado às atividades foi insuficiente, especialmente na etapa de desenvolvimento prático, e a necessidade de maior clareza nos materiais instrucionais, no detalhamento dos procedimentos técnicos e na organização das etapas iniciais, particularmente no uso das ferramentas de modelagem e programação.

Além disso, os participantes demonstram uma preocupação legítima quanto às limitações estruturais das escolas, como a escassez de laboratórios *Maker*, *kits* de robótica, impressoras 3D e espaços adequados para práticas desse tipo, o que pode dificultar a implementação das propostas. Além disso, professores de áreas não diretamente vinculadas à Matemática ressaltaram a importância de ampliar a abordagem interdisciplinar, com exemplos e discussões que dialoguem também com suas realidades de ensino.

De forma geral, os resultados do questionário pós-teste indicam que a formação foi bem-sucedida ao proporcionar aos participantes não apenas o desenvolvimento de competências técnicas, mas, sobretudo, a compreensão do potencial pedagógico das práticas *Maker* e da robótica no processo de ensino-aprendizagem, consolidando uma visão de ensino mais ativo, colaborativo e alinhado às demandas da educação contemporânea. As críticas construtivas apontadas não comprometem a qualidade da formação, mas oferecem subsídios importantes para seu aprimoramento.

Na etapa seguinte, o confronto entre os dados do questionário diagnóstico (pré-teste) e os dados do questionário final (pós-teste) permitirá mensurar de forma mais precisa os avanços, as mudanças de percepção e os impactos efetivos proporcionados pela formação.

Para aprofundar à análise, foi realizado o confronto das respostas do pré e pós-teste, considerando as questões abertas que trataram das expectativas dos participantes em relação à

formação e dos principais aprendizados adquiridos ao final do curso. Este estudo considera as respostas dos 25 participantes que concluíram as duas etapas da pesquisa.

A partir da análise da análise das respostas, foi possível identificar três categorias principais que sintetizam as expectativas iniciais e os aprendizados construídos: (1) Domínio de ferramentas e tecnologias digitais, (2) Integração da Cultura *Maker* e da Robótica às práticas pedagógicas, e (3) Aplicação dos conceitos geométricos por meio da Fabricação Digital e da robótica. A análise consiste na organização das respostas em quadros comparativos, permitindo visualizar de forma clara as aproximações, os avanços e as permanências entre as percepções iniciais e os resultados da formação.

A primeira categoria, Domínio de ferramentas e tecnologias digitais, reúne participantes que manifestaram, no início da formação, o desejo de aprender a utilizar recursos como Arduino, impressão 3D, corte a *laser*, modelagem 3D, além de dominar *softwares* e linguagens de programação. O Quadro 3 apresenta de forma integral as respostas desses participantes tanto no pré quanto no pós-teste.

Quadro 3 – Expectativas e Aprendizados na Categoria: Domínio de Ferramentas e Tecnologias Digitais

Participante	Expectativa (Pré-teste) O que você espera aprender com esta formação?	Aprendizado (Pós-teste) Quais foram os principais aprendizados que você adquiriu com esta formação?
P8	“Conhecer a Cultura <i>Maker</i> e sentir-me segura para aplicá-la em minha rotina de sala de aula. Aprender a utilizar as ferramentas.”	“Conceitos característicos da Cultura <i>Maker</i> , softwares para uso da impressora 3D, programação, também foram importantes.”
P12	“Configuração de um espaço <i>Maker</i> ; estratégias de ensino e aprendizagem com Robótica Educacional e modelagem 3D.”	“Os ambientes de modelagem e simulação, bem como os equipamentos que podem ser implementados em práticas <i>Maker</i> .”
P35	“Outras formas de usar a plotter, a impressora 3D e a cortadora a <i>laser</i> . Eu sei modelar. Mas, devido a problemas com a gestão da escola, ainda não tive acesso ao laboratório.”	“A pensar nas Sequências Didáticas (eu sou um pouco desorganizada) e ir devagar. A velha pergunta de como meus alunos aprendem vem muito ao encontro desse curso.”
P42	“Desenvolvimento de protótipos e construção de modelos voltados ao mundo <i>Maker</i> ; robótica e automação.”	“Práticas de Cultura <i>Maker</i> , que envolvem impressões 3D, montagem de circuitos, programação. Observar o que deu e não deu certo.”

P54	<i>“Ter conhecimento da impressora 3D e conhecimento de robótica para ser utilizado em sala de aula e a importância de fazer.”</i>	<i>“Cultura Maker e conhecer a robótica e conhecimentos da tecnologia e o entendimento de resolver situações.”</i>
P56	<i>“Aprimorar o uso de ferramentas e softwares de forma criativa e significativa na sala de aula, a fim de promover a aprendizagem ativa, o trabalho colaborativo e a resolução de problemas pelos estudantes.”</i>	<i>“Programar no MBlock; relacionar o estudo de Geometria com Robótica Educacional e Cultura Maker.”</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A leitura do Quadro 3 permite perceber que as expectativas relacionadas ao domínio técnico das ferramentas foram amplamente atendidas. As respostas evidenciam não apenas a familiarização com os recursos, mas também o desenvolvimento de competências que viabilizam sua aplicação em projetos educacionais.

Participantes como P8 e P12 demonstram avanços expressivos, saindo de uma expectativa focada em conhecer e explorar ferramentas para um aprendizado que envolve tanto o domínio técnico quanto o entendimento dos ambientes e das possibilidades pedagógicas da Cultura Maker. Assim como o relato da participante P35 na qual sua fala no pós-teste revela uma preocupação mais ampla com a organização didática que favorece uma aprendizagem alinhada às necessidades dos alunos.

A segunda categoria, Integração da Cultura Maker e da Robótica às práticas pedagógicas, agrupa aqueles participantes cuja expectativa estava centrada não apenas no uso das ferramentas, mas no desejo de compreender como integrá-las efetivamente ao contexto da sala de aula, pensando no ensino e na forma com que os alunos podem aprender. O Quadro 4 apresenta as respostas desses participantes.

Quadro 4– Expectativas e Aprendizados na Categoría: Integração da Cultura Maker e Robótica às Práticas Pedagógicas

Participante	Expectativa (Pré-teste)	Aprendizado (Pós-teste)
P3	<i>“Como utilizar e como levar para sala de aula a Cultura Maker, para assim diversificar as aulas e os alunos participarem.”</i>	<i>“Novos sites, novas metodologias para o ensino da Geometria e a prática do construcionismo. Acredito que foram os pontos mais importantes que aprendi durante o curso.”</i>
P9	<i>“Espero aprimorar meus conhecimentos na área da robótica e Cultura Maker para trazer um ensino melhor para os meus alunos; trazer aulas diferentes da tradicional...”</i>	<i>“Aprendi a importância da Cultura Maker na produção de diversas coisas, como o protótipo criado. Incentivar essa Cultura em sala de aula pode fortalecer o aprendizado dos alunos.”</i>

P14	<i>“Espero adquirir conhecimentos iniciais relacionados à Cultura Maker e robótica para utilização futura em sala de aula.”</i>	<i>“A Cultura Maker necessária para a criação do carrinho e a programação foram grandes aprendizados adquiridos.”</i>
P17	<i>“Aprender algumas atividades para dar início a um trabalho na unidade escolar; tendo como um ponto de partida esta formação.”</i>	<i>“Sobre algumas aplicações dos app, exemplo, ainda não tinha usado o Tinkercad para desenhos 3D, e sobre a impressora.”</i>
P19	<i>“Conhecer um pouco sobre a Cultura Maker e a robótica e tentar levar para minha turma de Educação Infantil.”</i>	<i>“A experiência que vivenciamos ao longo dos sábados e a oportunidade de conhecer alguns elementos da Cultura Maker.”</i>
P21	<i>“Aspectos da Cultura Maker que possam favorecer minha prática pedagógica para aplicar nas minhas sessões didáticas.”</i>	<i>“Construção de protótipos e impressões em 3D, além da aprendizagem de programação em uma nova plataforma.”</i>
P32	<i>“Aprender mais sobre a Cultura Maker e sobre robótica, pois não tenho muito conhecimento principalmente em relação à robótica.”</i>	<i>“O interesse maior pela robótica e também por entender mais sobre programação. Além disso, a atividade se mostrou uma excelente atividade que poderia ser aplicada para os alunos em áreas diferentes.”</i>
P33	<i>“Espero aprender teoria e, em seguida, desenvolver a prática para ser um aprendizado muito útil na minha prática pedagógica.”</i>	<i>“Conhecimentos de robótica, Pensamento Computacional, Cultura Maker e demais conhecimentos voltados para a prática docente.”</i>
P37	<i>“Adquirir mais conhecimento para que possa explorar as ferramentas que estão disponíveis e também ajudar na minha prática já realizada em sala.”</i>	<i>“Uma forma diferente de abordar conceitos da Geometria, usando a Cultura Maker e a robótica, ver como essas ferramentas facilitam a aprendizagem dos estudantes.”</i>
P40	<i>“Ideias práticas da robótica para, se possível, aplicar em sala de aula como forma de motivar e despertar o interesse dos alunos.”</i>	<i>“A utilização do Tinkercad, revisão da placa Arduino, novas amizades com trocas de conhecimentos e utilização da impressora 3D. Muito TOP.”</i>
P50	<i>“Espero aprender sobre a Cultura Maker associada à robótica no ensino de Geometria. Para assim, associar saberes multiprofissionais.”</i>	<i>“Consegui relembrar alguns conceitos matemáticos de forma dinâmica, inovadora, autônoma e divertida que pode e deve ser replicada em salas de aula para diversos tipos de ensino.”</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O Quadro 4 demonstra um avanço notável na compreensão dos participantes acerca da integração da Cultura Maker e da Robótica às práticas pedagógicas. As respostas indicam que os professores manifestam o desejo de incorporar abordagens mais dinâmicas, ativas e contextualizadas, por meio da Cultura Maker, da Robótica e da Fabricação Digital. Após a

formação, percebe-se um aumento na motivação e na sensibilização para o aprimoramento de suas práticas, com foco nas dificuldades e necessidades dos alunos.

Destaca-se que muitos participantes, como P9, P32 e P37, reconhecem que as metodologias tradicionais não têm sido suficientes para atender às demandas dos alunos e apontam a Cultura *Maker* como uma alternativa concreta para transformar esse cenário. Além disso, há um movimento evidente na fala dos docentes no sentido de buscar práticas que estimulem o protagonismo, a experimentação, o desenvolvimento do raciocínio lógico e a criatividade.

O participante P50 evidencia uma trajetória de aprendizagem bem-sucedida. Sua expectativa era compreender como integrar a Cultura *Maker* e a robótica ao ensino de Geometria. Ao final, relata ter resgatado conceitos matemáticos de forma dinâmica e inovadora, reconhecendo que as práticas desenvolvidas são aplicáveis não apenas à Matemática, mas a diferentes contextos e áreas do conhecimento.

A terceira categoria, Aplicação dos Conceitos Geométricos na Cultura *Maker* e Robótica, reúne os participantes que demonstraram, desde o início, o interesse em compreender como os conceitos matemáticos poderiam ser aplicados de forma prática nas atividades de Fabricação Digital e Robótica Educacional. O Quadro 5 apresenta as respostas correspondentes a essa categoria.

Quadro 5 – Expectativas e Aprendizados na Categoria: Aplicação dos Conceitos Geométricos na Cultura *Maker* e Robótica

Participante	Expectativa (Pré-teste)	Aprendizado (Pós-teste)
P22	<i>“Aprender sobre a Cultura para melhorar minha prática em sala de aula. Preciso que me ajude a compreender e repassar pros meus alunos sobre Geometria das moléculas.”</i>	<i>“Não tinha nenhuma ideia de como funcionava a impressão 3D e seus programas. Não tinha nem ideia de que algumas escolas já estão iniciando.”</i>
P26	<i>“Adquirir um conhecimento para desenvolver ainda melhor a Cultura <i>Maker</i> nas aulas de Matemática para assim proporcionar aos meus alunos uma nova forma de se aprender Matemática.”</i>	<i>“O aperfeiçoamento da linguagem de programação dos movimentos do carrinho e a utilização do programa para fazer o chassi.”</i>
P36	<i>“Como desenvolver projetos que envolvem a robótica e que possam ser aplicados com alunos dos anos iniciais também.”</i>	<i>“O curso ampliou a minha compreensão sobre a Robótica Educacional, as plataformas utilizadas, como é produzido o material e impresso na impressora 3D. E ainda colaborei na prática com meus alunos.”</i>

P42	<i>“Desenvolvimento de protótipos e construção de modelos voltados ao mundo Maker; robótica e automação.”</i>	<i>“Práticas de Cultura Maker, que envolvem impressões 3D, montagem de circuitos, programação. Observar o que deu e não deu certo.”</i>
P53	<i>“Noções de construção de robótica para realizar em sala de aula sempre que possível com os alunos, além de usar toda a gama de conhecimentos sobre a Cultura Maker.”</i>	<i>“Diversos conhecimentos novos que não tinha propriedade, como conhecer novos aplicativos ou plataformas como as placas Arduino, conhecer melhor a programação.”</i>
P54	<i>“Ter conhecimento da impressora 3D e conhecimento de robótica para ser utilizado em sala de aula e a importância de fazer.”</i>	<i>“Cultura Maker e conhecer a robótica e conhecimentos da tecnologia e o entendimento de resolver situações.”</i>
P56	<i>“Aprimorar o uso de ferramentas e softwares de forma criativa e significativa na sala de aula, a fim de promover a aprendizagem ativa, o trabalho colaborativo e a resolução de problemas pelos estudantes.”</i>	<i>“Programar no MBlock; relacionar o estudo de Geometria com Robótica Educacional e Cultura Maker.”</i>
P58	<i>“Aprender a utilizar ferramentas da Cultura Maker que possam ser integradas ao ensino de Matemática.”</i>	<i>“Utilização do Tinkercad e do ambiente de programação com Arduino; montagem do protótipo no chassi; resolução de problemas e análise dos erros; conceitos geométricos através da prototipagem.”</i>
P59	<i>“Sou professor de física, acredito que a aprendizagem pode ser alcançada por meios diversos. Espero com esse curso poder implementar novas tecnologias em aula.”</i>	<i>“Modelagem, prototipagem, programação, trabalho em grupo, resolução de desafios, utilização de impressoras 3D.”</i>

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A análise do Quadro 5 evidencia que os participantes avançaram significativamente na compreensão de como integrar os conceitos matemáticos, especialmente os da Geometria, à Robótica Educacional e à Fabricação Digital. As respostas demonstram que eles passaram a enxergar essas ferramentas não apenas como recursos tecnológicos, mas como estratégias pedagógicas capazes de tornar a aprendizagem mais concreta e visual, especialmente no desenvolvimento de habilidades relacionadas à visão espacial, proporções, medidas, perímetro e área.

Chama atenção, por exemplo, a trajetória do participante P58, que expressa inicialmente o desejo de aprender a utilizar ferramentas da Cultura Maker no ensino de Matemática e, ao final, relata um aprendizado extremamente consistente, que inclui a utilização do *Tinkercad*, do ambiente de programação com Arduino, montagem do protótipo, resolução de problemas e, de forma explícita, a aplicação de conceitos geométricos através da

prototipagem. Esse relato reflete claramente o alinhamento da proposta da formação com a expectativa inicial e comprova a eficácia do modelo adotado.

Outro destaque relevante é o participante P36, que não apenas ampliou sua compreensão sobre a Robótica Educacional, mas também aplicou diretamente os conhecimentos adquiridos em suas aulas com os alunos, evidenciando a efetiva transferência da formação para a prática pedagógica.

De forma geral, os dados revelam que, embora alguns participantes ainda manifestem a necessidade de aprofundamento, especialmente no domínio de *softwares* mais complexos, o conjunto dos relatos comprova que a formação proporcionou uma transformação significativa na percepção dos docentes sobre o ensino de Geometria mediado pela robótica, pela programação e pela Cultura *Maker*.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa partiu da seguinte pergunta norteadora: Como a integração da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional, sob uma abordagem construcionista e alinhada à Teoria das Situações Didáticas, pode promover práticas pedagógicas contextualizadas no ensino de Geometria nos anos finais do ensino Fundamental? Com base nos dados obtidos, é possível afirmar que essa integração se mostrou uma estratégia eficaz para qualificar o ensino de Geometria, tornando-o mais contextualizado e alinhado às competências exigidas pela sociedade contemporânea.

Com base nesse questionamento, definiu-se como objetivo geral investigar, na perspectiva da Engenharia Didática, como a Cultura *Maker*, a Fabricação Digital e a Robótica Educacional, sob uma abordagem construcionista e alinhada à Teoria das Situações Didáticas, podem promover práticas pedagógicas contextualizadas no ensino de Geometria nos anos finais do ensino Fundamental. Para isso, foram delineados três objetivos específicos, cujos desdobramentos e resultados são apresentados a seguir.

O primeiro objetivo específico propôs analisar uma Sequência Didática para o ensino de Geometria, utilizando a Cultura *Maker*, a Fabricação Digital e a Robótica Educacional, com base na abordagem construcionista e na Teoria das Situações Didáticas. Esse objetivo foi atendido por meio da concepção, aplicação e análise de três Situações Didáticas, que integraram práticas de programação, modelagem 3D e Fabricação Digital, utilizando recursos como Arduino, *Tinkercad* e impressoras 3D.

A implementação da pesquisa seguiu as etapas propostas pela Engenharia Didática, articuladas à Teoria das Situações Didáticas, proporcionando situações didáticas que exigiram

dos participantes tanto a mobilização dos conceitos matemáticos quanto a articulação com processos de Fabricação Digital e automação. A análise *a posteriori* demonstrou que a proposta foi efetiva na promoção da aprendizagem dos conteúdos matemáticos, na construção de representações geométricas e no desenvolvimento de competências técnicas e metodológicas associadas à Cultura *Maker* e à robótica.

O segundo objetivo específico visava avaliar as percepções dos professores sobre o uso da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional no ensino de Geometria. Para isso, foram utilizados questionários diagnósticos, registros dos encontros e produções dos participantes. Os resultados apontam que a formação proporcionou aos participantes uma transformação concreta em suas práticas e percepções. Os professores avançaram na compreensão de que a Cultura *Maker* e a Robótica Educacional não são meros recursos complementares, mas elementos estruturantes de práticas pedagógicas centradas na resolução de problemas, na construção ativa do conhecimento e na aprendizagem de conceitos geométricos.

A análise comparativa entre os dados dos questionários revelou uma trajetória de desenvolvimento marcada por mudanças consistentes. As expectativas iniciais, centradas majoritariamente na aquisição de conhecimentos técnicos e na busca por metodologias alternativas, foram, em grande parte, superadas. Ao final do processo, os participantes demonstraram estarem mais confiantes em utilizar as ferramentas e clareza quanto às possibilidades pedagógicas de sua aplicação no ensino de Geometria e na construção de práticas mais colaborativas e criativas.

O terceiro objetivo específico consistiu em elaborar um Produto Educacional Tecnológico, na forma do site educacional Imprimindo Robôs disponível em: <https://sites.google.com/view/imprimindorobos/>. Essa plataforma digital reúne, de forma acessível e sistematizada, uma sequência didática e diversos recursos pedagógicos destinados ao ensino de Geometria, integrando os fundamentos da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional. Entre os materiais disponibilizados, destacam-se tutoriais, roteiros de atividades, modelos tridimensionais para impressão em 3D, arquivos de programação e orientações metodológicas. Trata-se de um repositório de livre acesso, concebido com o intuito de apoiar professores da educação básica na replicação, adaptação ou ampliação das propostas formativas desenvolvidas no âmbito desta pesquisa.

No entanto, é necessário reconhecer as limitações inerentes ao próprio desenho da pesquisa e à condução do curso de formação. A primeira limitação diz respeito ao tempo destinado para cada etapa das Situações Didáticas, que, embora suficiente para alcançar os

objetivos planejados, revelou-se restrito para uma exploração mais aprofundada dos conceitos matemáticos subjacentes, especialmente nas fases de validação e institucionalização.

Além disso, a densidade dos conteúdos técnicos envolvendo programação, modelagem 3D e montagem física associada à necessidade de exploração dos conceitos matemáticos, impôs um desafio metodológico. A simultaneidade desses dois eixos de aprendizagem, tecnológico e matemático, exigiu um grau de abstração e articulação que, em alguns momentos, sobrecarregou os participantes, especialmente aqueles sem familiaridade prévia com robótica ou Fabricação Digital.

Outra limitação observada refere-se à sequência e organização das atividades formativas. Apesar de bem estruturadas, as Sequências Didáticas poderiam ser ainda mais refinadas no sentido de distribuir de forma mais gradual as demandas cognitivas entre os momentos de aprendizagem dos conceitos geométricos e as etapas técnicas de construção e programação dos protótipos. O curso também revelou a necessidade de inserir, de forma mais sistemática, momentos de institucionalização matemática logo após as fases práticas, assegurando uma maior consolidação dos conceitos.

Adicionalmente, a heterogeneidade do público com participantes de diferentes áreas, níveis de ensino e níveis de familiaridade com tecnologia e Matemática constituiu um fator que impactou diretamente a condução das atividades, exigindo constantes ajustes nas mediações, no ritmo das explicações e nos aprofundamentos teóricos. Essa diversidade, embora enriquecedora, também configurou uma lacuna metodológica que pode ser aprimorada em futuras formações, seja por meio da elaboração de trilhas formativas diferenciadas ou pela segmentação dos participantes por perfil.

Cabe mencionar ainda a limitação relacionada à ausência de registro integral de todas as falas e interações ocorridas durante a aplicação das Situações Didáticas. Embora tenham sido utilizados vídeos, fotos, áudios e anotações, alguns momentos relevantes deixaram de ser registrados por limitações técnicas e operacionais. Essa lacuna pode ter comprometido a captura de contribuições significativas de determinados participantes, restringindo a completude da análise qualitativa.

Diante dessas reflexões, pode-se afirmar que, apesar das limitações, os resultados obtidos são robustos e confirmam que a integração da Cultura *Maker*, da Fabricação Digital e da Robótica Educacional, sob uma abordagem construcionista e fundamentada na Teoria das Situações Didáticas, constitui uma estratégia efetiva para o ensino de Geometria. A pesquisa demonstra que é possível estruturar situações didáticas que articulem teoria e prática de forma

concreta, favorecendo a compreensão de conceitos matemáticos e, simultaneamente, desenvolvendo competências digitais, criativas e colaborativas.

Assim, este trabalho contribui para a consolidação de referenciais teóricos e metodológicos que podem orientar novas pesquisas e práticas formativas, ao mesmo tempo em que sinaliza caminhos para o aprimoramento de Sequências Didáticas, da organização dos cursos e das abordagens pedagógicas no ensino de Geometria mediado pela Cultura *Maker* e pela Robótica Educacional.

Por fim, este estudo abre margem para a realização de pesquisas futuras que explorem, por exemplo, a realização das Sequências Didáticas diretamente com alunos da educação básica, a adaptação dos materiais para outras etapas do ensino ou outras áreas do conhecimento, além de investigações que aprofundem as interações entre a Cultura *Maker*, o desenvolvimento de competências Matemáticas e os processos de formação continuada de professores.

## REFERÊNCIAS

- ABREU, F. G. S.; AZEVEDO, P. C. V.; LIMA, L.; VASCONCELOS, F. H. L.; MARÇAL, E. Explorando a interdisciplinaridade no desenvolvimento de materiais autorais digitais educacionais. **Contribuciones a las Ciencias Sociales**, [s. l.], v. 16, n. 10, p. 19723-19741, 2023. Disponível em: <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/2453>. Acesso em: 6 jul. 2025.
- ABREU, F. G. S.; FREITAS, D. A.; MENEZES, D. B.; VASCONCELOS, F. H. L. Integrando robótica educativa e geometria: uma revisão sistemática da literatura. In: MARÇAL, E.; RIBEIRO, A. P. M.; ANDRADE, F. A.; COUTINHO, E. F. (org.). **Tecnologias educacionais digitais**. Curitiba: CRV, 2024a. p. 191-199. (Coleção Tecnologia Educacional, v. 1).
- ABREU, F. G. S.; RIBEIRO, T. M.; COSTA, E. S.; FREITAS, D. A. Cultura *maker* e formação de professores da Prefeitura Municipal de Fortaleza: vivência, desafios e perspectivas. In: CASTRO, P. A.; MENEZES, J. B. F. (org.). **Tecnologias e educação**. Campina Grande: Realize Eventos, 2024b. v. 3. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/119423>. Acesso em: 6 jul. 2025.
- ALMEIDA, M. F. M.; SILVA, S. C. R. Linguagem LOGO e ensino de geometria: experiência vivenciada em curso de formação continuada. **Eventos Pedagógicos**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 892-918, 2016. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/reps/article/view/9783>. Acesso em: 27 jul. 2025.
- ALMOLOUD, S. A. **Fundamentos da Didática da Matemática**. Curitiba: Editora da UFPR, 2007.
- ALMOLOUD, S. A. Modelo de ensino/aprendizagem baseado em situações-problema: aspectos teóricos e metodológicos. **REVEMAT**, Florianópolis, SC, v. 11, n. 2, p. 109-141, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5007/1981-1322.2016v11n2p109>. Acesso em: 7 jul. 2025.
- ALMOLOUD, S. A.; COUTINHO, C. Q. S. Engenharia Didática: características e seus usos em trabalhos apresentados no GT-19 / ANPEd. **REVEMAT**, Florianópolis, SC, v. 3, n. 6, p. 62-77, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2008v3n1p62>. Acesso em: 7 jul. 2025.
- ALVES, F. R. V. Engenharia Didática: implicações para a pesquisa no âmbito do ensino em Análise Complexa – AC. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 694-715, 2016. Disponível em: <https://www.redalyc.org/pdf/4675/467546204013.pdf>. Acesso em: 8 jul. 2025.
- AMARAL, L. R.; SILVA, G. B.; PANTALEÃO, E. Plataforma Robocode como ferramenta lúdica de ensino de programação de computadores: extensão universitária em escolas públicas de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 26., 2015, Maceió. **Anais**[...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira da Computação, 2015. p. 200-208. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/sbie/article/viewFile/5152/3543>. Acesso em: 27 jul. 2025.

ANGEL-FERNANDEZ, J. M.; VINCZE, M. Towards a definition of Educational Robotics. In: ZECH, P.; PIATER, J. (ed.). **Proceedings of the Austrian Robotics Workshop 2018**. Innsbruck: Innsbruck University Press, 2018. p. 38-42. Disponível em: <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/39628/9783903187221.pdf#page=39>. Acesso em: 22 jul. 2025.

ARAUJO, P. H. C.; CASTRO JUNIOR, A. A. **Uso de Arduino e Micro:bit para apoiar a Educação Básica**: uma revisão sistemática da literatura. Campo Grande, MS: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufms.br/retrieve/b40bb10e-5566-472c-b23b-9cc21de75c0c/19254.pdf>. Acesso em: 25 jul. 2025.

ARTIGUE, M. Ingénierie didactique. **Recherches en didactique des mathématiques**, Paris, v. 9, n. 3, p. 281-308, 1988. Disponível em: [https://kleio.ch/HEP\\_VS/hepvsvideo/8\\_INGENIERIE\\_DIDACTIQUE\\_ARTIGUE.pdf](https://kleio.ch/HEP_VS/hepvsvideo/8_INGENIERIE_DIDACTIQUE_ARTIGUE.pdf). Acesso em: 6 jul. 2025.

ARTIGUE, M.; DOUADY, R.; MORENO, L.; GÓMEZ, P. **Ingeniería Didáctica en Educación Matemática**: un esquema para la investigación y la innovación en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas. Bogotá: Grupo Editorial Iberoamericano, 1995. Disponível em: <https://hdl.handle.net/1992/40560>. Acesso em: 6 jul. 2025.

BARROS, M. I. S. **A cultura maker como facilitadora no processo de ensino-aprendizagem de lógica de programação**: uma sequência didática através do uso de robótica. 2022. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Sistemas para Internet) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Campus Salgueiro, 2022. Disponível em: <https://releia.ifsertao-pe.edu.br/jspui/handle/123456789/1052>. Acesso em: 27 jul. 2025.

BELTRÁN-PELLICER, P.; RODRÍGUEZ-JASO, C. Modelado e impresión en 3D en la enseñanza de las matemáticas: un estudio exploratorio. **Revista Electrónica de Investigación y Docencia Creativa**, [s. l.], v. 6, n. 2, p. 16-28, 2017. Disponível em: <https://zaguan.unizar.es/record/64310>. Acesso em: 27 jul. 2025.

BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J. A.; MOURA, É. M. Educação maker: onde está o currículo? **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 523-544, abr./jun. 2020. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.23925/1809-3876.2020v18i2p523-544>. Acesso em: 5 jul. 2025.

BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica**. 2017. 226 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/172208>. Acesso em: 10 jul. 2025.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 6 jul. 2025.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019. Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores

da Educação Básica (BNC-Formação). **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, p. 46–49, 15 abr. 2020.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira – INEP. **Sistema de Avaliação da Educação Básica (SAEB) 2021: resultados**. Brasília: INEP, 2021.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União: Seção 1**, Brasília, DF, 23 dez. 1996.

BROUSSEAU, G. **Introdução ao estudo das situações didáticas**: conteúdos e métodos de ensino. São Paulo: Ática, 2008.

BROUSSEAU, G. **Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques**. Thèse (Doctorat d'État) – Université Bordeaux 1, Bordeaux, 1986. Disponível em: <https://theses.hal.science/tel-00471995v3>. Acesso em: 6 jul. 2025.

CABRAL, N. F. **Sequências didáticas: estrutura e elaboração**. Belém: SBEM/PA, 2017.

CARATTI, R. L. **Desenvolvimento e categorização do pensamento computacional docente com o uso da cultura maker em ambientes computacionais construcionistas**. 2023. 341 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/77391>. Acesso em: 10 jul. 2025.

CASTRO, E. M. M.; NASCIMENTO, K. R. S.; SALES, G. F.; SANTIAGO, S. B. O uso das tecnologias digitais no ensino de matemática numa perspectiva construcionista. **Revista Educação Pública**, Rio de Janeiro, v. 23, n. 40, 17 out. 2023. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/23/40/o-uso-das-tecnologias-digitais-no-ensino-de-matematica-numa-perspectiva-construcionista>. Acesso em: 11 jul. 2025.

CHEVALLARD, Y. **La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado**. Buenos Aires: La Pensée Sauvage, 1991.

CIDRÃO, G. G.; ALVES, F. R. V. O percurso investigativo acerca da Engenharia Didática de Desenvolvimento no cenário educacional brasileiro. **UNIÓN – Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, [s. l.], v. 16, n. 60, p. 57-75, 17 dez. 2020. Disponível em: <https://revistaunion.org.fespm.es/index.php/UNION/article/view/138>. Acesso em: 6 jul. 2025.

CONCEIÇÃO, J. S. **A construção do conceito de área nos anos iniciais do ensino fundamental: uma formação continuada**. 2018. 202 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática, Universidade Estadual de Santa Cruz, Ilhéus, BA, 2018. Disponível em: <https://www.biblioteca.uesc.br/pergamonweb/vinculos/201610179D.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2025.

EL-ABD, M. A review of embedded systems education in the Arduino age: lessons learned and future directions. **International Journal of Engineering Pedagogy (IJEP)**, [s. l.], v. 7, n. 2, p. 79–93, 2017. Disponível em: <https://online-journals.org/index.php/i-jep/article/view/6845>. Acesso em: 25 jul. 2025.

EYCHENNE, F.; NEVES, H. **Fab Lab**: a vanguarda da nova revolução industrial. São Paulo: Editorial Fab Lab Brasil, 2013. Disponível em:

[https://www.academia.edu/44017214/FAB\\_LAB\\_A\\_VANGUARDA\\_DA\\_NOVA\\_REVOLU%C3%87%C3%83O\\_INDUSTRIAL](https://www.academia.edu/44017214/FAB_LAB_A_VANGUARDA_DA_NOVA_REVOLU%C3%87%C3%83O_INDUSTRIAL). Acesso em: 10 jul. 2025.

FERNANDES, C.; ALVES, F. R. V.; SOUZA, M. J. A. Uma proposta de análise da engenharia didática de formação aliada às situações didáticas. In: SAMPAIO, C. G.; BARROSO, M. C. S.; ARIZA, L. G. A. (org.). **Experiências em ensino ciências e matemática na formação de professores da Pós-Graduação do IFCE**. Fortaleza: Editora da UECE, 2021. cap. 6, p. 108-123. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/372585115>. Acesso em: 21 ago. 2025.

FREITAS NETO, J. J.; BERTAGNOLLI, S. C. Robótica educacional e formação de professores: uma revisão sistemática da literatura. **RENOTE**, Porto Alegre, v. 19, n. 1, p. 423–432, 2021. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/118532>. Acesso em: 25 jul. 2025.

GARNICA-ARCIGA, F. R.; CERRATO-ABDALA, B.; GAYTÁN-LUGO, L. S.; SANTANA-MANCILLA, P. C.; GARCÍA-RUÍZ, M. A. Technology acceptance of Tinkercad for 3D object design using block-based programming. **Avances en Interacción Humano-Computadora**, [s. l.], v. 9, n. 1, p. 35-42, 2024. Disponível em: <https://revistaaihc.mx/index.php/aihc/article/view/143>. Acesso em: 27 jul. 2025.

GAVASSA, R. C. F. B. Cultura maker como proposta curricular de tecnologias na política educacional da cidade de São Paulo. **Tecnologias, Sociedade e Conhecimento**, Campinas, v. 7, n. 2, p. 194-196, 2020. Disponível em: <https://econtents.bc.unicamp.br/inpec/index.php/tsc/article/view/14863>. Acesso em: 6 jul. 2025.

GERSHENFELD, N. How to make almost anything: the digital fabrication revolution. **Foreign Affairs**, New York, v. 91, n. 6, p. 43-57, nov./dez. 2012. Disponível em: <https://www.foreignaffairs.com/articles/2012-09-27/how-make-almost-anything>. Acesso em: 6 jul. 2025.

GONDIM, R. S. **O ensino da matemática na perspectiva da cultura maker**: uma proposta de sequência didática para o 5º ano do ensino Fundamental. 2023. 148 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Educacionais) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/73677>. Acesso em: 10 jul. 2025.

GONDIM, R. S.; SILVA, D. M.; VASCONCELOS, F. H. L.; SANTANA, J. R.; BLIKSTEIN, P. A implementação de Laboratório FabLearn no município de Sobral: um estudo de caso sobre o uso da cultura maker no ensino de ciências no ensino fundamental. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, Santo Ângelo, RS, v. 13, n. 1, p. 138-151, 2023. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/722>. Acesso em: 9 jul. 2025.

HECK, M. F.; KAIBER, C. T. A geometria nos anos finais do ensino fundamental: uma análise de referenciais curriculares sob a perspectiva do enfoque ontematológico. **REVEMAT – Revista Eletrônica de Educação Matemática**, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 1-22, 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/revemat/article/view/1981-1322.2020.e70404>. Acesso em: 11 jul. 2025.

KUNKEL, M. E.; CANO, A. P. D.; GANGA, T. A. F.; ARTIOLI, B. O.; JUVENAL, E. A. O. Manufatura aditiva do tipo FDM na engenharia biomédica. In: KUNKEL, M. E. (org.).

**Fundamentos e tendências em inovação tecnológica**, v. 1. Seattle: Kindle Direct Publishing, 2020. p. 50-69. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Maria-Elizete-Kunkel/publication/350801302>. Acesso em: 10 jul. 2025.

LEMKE, R.; SIPLE, I. Z.; FIGUEIREDO, E. B. OAs para o ensino de cálculo: potencialidades de tecnologias 3D. **RENOTE – Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, jul. 2016. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/67355>. Acesso em: 10 jul. 2025.

LIMA, S. C.; LOPES, T. B.; VIEIRA, S. A. G. Epistemologia da modelagem matemática e impressão 3D no ensino de geometria. **REAMEC – Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, v. 12, p. e24042, 2024. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/17920>. Acesso em: 11 jul. 2025.

LOPES, D. Q. A exploração de modelos e os níveis de abstração nas construções criativas com robótica educacional. **Informática na Educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/InfEducTeoriaPratica/article/view/11579>. Acesso em: 10 jul. 2025.

MATHIAS, C. V.; WRZESINSKI, A. P.; BAYER, F. M. A impressão 3D no ensino de matemática. Santa Maria: Pró-Reitoria de Extensão, **Manancial – Repositório Digital da Universidade Federal de Santa Maria**, 2024. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/32521>. Acesso em: 22 jul. 2025.

MILL, D.; CÉSAR, D. Robótica pedagógica livre: sobre inclusão sócio-digital e democratização do conhecimento. **Perspectiva**, Florianópolis, v. 27, n. 1, p. 217-248, 2010. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/perspectiva/article/view/2175-795X.2009v27n1p217>. Acesso em: 11 jul. 2025.

MOREIRA, M. P. C.; ROMEU, M. C.; ALVES, F. R. V.; SILVA, F. R. O. Contribuições do Arduino no ensino de física: uma revisão sistemática de publicações na área do ensino. **Caderno Brasileiro de ensino de Física**, Florianópolis, v. 35, n. 3, p. 721-745, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2018v35n3p721>. Acesso em: 25 jul. 2025.

NASCIMENTO, K. A. S.; CASTRO FILHO, J. A.; SALGUEIRO SEGUNDO, G. L.; SALES, S. B. Um olhar sobre a formação docente do programa UCA em uma escola municipal de Fortaleza. In: **WORKSHOP DE INFORMÁTICA NA ESCOLA (WIE)**, 17., 2011, Aracaju. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2011. p. 1448–1457. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/view/21747>. Acesso em: 6 jul. 2025.

OCDE. **PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do**. Paris: OECD Publishing, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>. Acesso em: 21 mai. 2025.

PAIS, L. C. **Didática da matemática**: uma análise da influência francesa. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2002.

PAPERT, S. **Mindstorms**: children, computers and powerful ideas. Brighton: Harvester Press, 1981.

PAVANELLO, R. M. Reflexões sobre o ensino de matemática nos anos iniciais de escolarização. In: GUIMARÃES, R. B. (org.). **Reflexões sobre o ensino de matemática nos anos iniciais de escolarização**. Recife: SBEM, 2009.

PERRENOUD, P.; THURLER, M. G. **As competências para ensinar no século XXI**: a formação dos professores e o desafio da avaliação. Porto Alegre: Artmed, 2009.

PRADO, J. P. A.; MORCELI, G. Robótica educacional: do conceito de robótica aplicada à concepção dos kits. In: PERALTA, D. A. (org.). **Robótica e processos formativos: da epistemologia aos kits** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Editora Fi, 2019. p. 31-57. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/337473511>. Acesso em: 10 jul. 2025.

RAABE, A.; GOMES, E. B. Maker: uma nova abordagem para tecnologia na educação. **Revista Tecnologias na Educação**, [s. l.] v. 26, Edição Temática VIII – III Congresso sobre Tecnologias na Educação (Ctrl+E 2018), set. 2018. Disponível em: <https://tecedu.pro.br/wp-content/uploads/2018/09/Art1-vol.26-EdicaoTematicaVIII-Setembro2018.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2025.

RESNICK, M. **Jardim de infância para a vida toda**: por uma aprendizagem criativa, mão na massa e relevante para todos. Porto Alegre: Penso, 2020.

RIBEIRO, A. G. Retas paralelas cortadas por uma transversal. **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/matematica/retas-paralelas-cortadas-por-uma-transversal.htm>. Acesso em: 16 jul. 2025.

SANTOS, A. A.; ALVES, F. R. V. A Engenharia Didática em articulação com a Teoria das Situações Didáticas como percurso metodológico ao estudo e ensino de matemática. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 19, n. 3, 2017. Disponível em: <http://posgrad.ulbra.br/periodicos/index.php/acta/article/view/2739/2373>. Acesso em: 8 jul. 2025.

SANTOS, A. R. S.; VIGLIONI, H. H. B. **Geometria euclidiana plana**. São Cristóvão, SE: Universidade Federal de Sergipe, CESAD, 2011. Disponível em: [https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15473216022012Geometria\\_Eucliadiana\\_Plana\\_Aula\\_1.pdf](https://cesad.ufs.br/ORBI/public/uploadCatalogo/15473216022012Geometria_Eucliadiana_Plana_Aula_1.pdf). Acesso em: 11 jul. 2025.

SANTOS, C. A.; NACARATO, A. M. **Aprendizagem em geometria na educação básica**: a fotografia e a escrita na sala de aula. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

SANTOS, J. A. S. **Problemas de ensino e de aprendizagem em perímetro e área**: um estudo de caso com professores de matemática e alunos de 7<sup>a</sup> série do ensino fundamental. 2011. 137 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Metodista de Piracicaba, Piracicaba, 2011. Disponível em: [https://iepapp.unimep.br/biblioteca\\_digital/visualiza.php?cod=NzIy](https://iepapp.unimep.br/biblioteca_digital/visualiza.php?cod=NzIy). Acesso em: 15 jul. 2025.

SCHERER, D.; SILVA, N. B.; OLIVEIRA, D. M. Robótica educacional de baixo custo: Arduino como ferramenta pedagógica. In: CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO (CTRL+E), 5., 2020, Evento Online. *Anais* [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 405-414. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/ctrle/article/view/11418>. Acesso em: 23 jul. 2025.

SCHERMANN, D. Escala de Likert: como usar a pergunta de escala no seu questionário de pesquisa. **Blog Opinion Box**, 2019. Disponível em: <https://blog.opinionbox.com/pergunta-de-escala-ou-escala-de-likert/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

SCHWAB, K. **A quarta revolução industrial**. São Paulo: Edipro, 2019.

SEELY, J. C. K. **Digital fabrication in the architectural design process**. 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado em Estudos de Arquitetura) – Department of Architecture, Massachusetts Institute of Technology, Massachusetts, 2004. Disponível em: <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/27030>. Acesso em: 10 jul. 2025.

SILVA, M. A.; SILVA, J. D.; SILVA, J. S. Cultura maker e educação para o século XXI: relato da aprendizagem mão na massa no 6º ano do ensino fundamental/integral do SESC Ler Goiana. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE TECNOLOGIA NA EDUCAÇÃO, 16., 2018, Recife, *Anais* [...]. Recife: SENAC, 2018.

SILVA, R. S. J. Uma proposta de ensino de geometria plana no ensino fundamental: a matemática presente no cotidiano dos estudantes. **Research, Society and Development**, [s. l.], v. 9, n. 7, p. 1-12, 2020. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/3931/3298>. Acesso em: 16 jul. 2025.

SILVA, S. L. S.; LEOCÁDIO, A. P. R.; VENANZI, D. A transformação da educação como exigência para a mão de obra na indústria 4.0. **REMIPE – Revista de Micro e Pequenas Empresas e Empreendedorismo da Fatec Osasco**, [s. l.], v. 7, n. 1, p. 46-62, 2021. Disponível em: <https://remipe.fatecosasco.edu.br/index.php/remipe/article/view/291>. Acesso em: 11 jul. 2025.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO (SBC). **Diretrizes para ensino de computação na educação básica**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. Disponível em: <https://www.sbc.org.br/educacao/diretrizes-para-ensino-de-computacao-na-educacao-basica>. Acesso em: 11 jul. 2025.

SOSTER, T. S.; ALMEIDA, F. J.; SILVA, M. G. M. Educação maker e compromisso ético na sociedade da cultura digital. **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 18, n. 2, p. 715-738, abr. 2020. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/curriculum/article/view/48029>. Acesso em: 6 jul. 2025.

SOUZA, M. S. M. X.; SANTOS, F. V.; CASTRO, J. B. Um panorama das investigações que consideram kits de robótica utilizados com fins educacionais. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, Santo Ângelo, RS, v. 11, n. 3, p. 267-285, set./dez. 2021. Disponível em: <https://san.uri.br/revistas/index.php/encitec/article/view/431>. Acesso em: 6 jul. 2025.

SUN, Y.; LI, Q. The application of 3D printing in mathematics education. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND EDUCATION – ICCSE, 12., 2017, Houston. **Anais** [...]. Houston: IEEE, 2017. p. 47-50. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8085461>. Acesso em: 22 jul. 2025.

TECNICON. **Como a impressão 3D favorece a Indústria 4.0.** [s. l.]: Tecnicon, 2019. Disponível em: [https://www.tecnicon.com.br/blog/424-Como\\_a\\_Impressao\\_3D\\_favorece\\_a\\_Industria\\_4\\_0/](https://www.tecnicon.com.br/blog/424-Como_a_Impressao_3D_favorece_a_Industria_4_0/). Acesso em: 28 jul. 2025.

VALENTE, J. A. Pensamento computacional, letramento computacional ou competência digital? Novos desafios da educação. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 43, p. 147-168, 2019. Disponível em: <https://mestradoedoutoradoestacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/reeduc/article/view/5852>. Acesso em: 11 jul. 2025.

VERCEZI, V. H.; DOMRES, F. A.; SILVA, G. C. D. C. **Construção de uma roda-gigante de madeira automática controlada pelo Arduino**. 2023. 12 f. Relatório (Feira Mineira de Iniciação Científica – FEMIC) – Colégio Franciscano Ave Maria, Ribeirão Preto, SP, 2023. Disponível em: <https://apiortal.femic.com.br/project/docs/8ef2-65db-2e28-1697650196031.pdf>. Acesso em: 9 jul. 2025.

VERRET, M. **Le temps des études**. Paris: Librairie H. Champion, 1975.

WANGENHEIM, C. G.; NUNES, V. R.; SANTOS, G. D. Ensino de computação com Scratch no ensino fundamental: um estudo de caso. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, Porto Alegre, v. 22, n. 3, p. 115–125, 2014. Disponível em: <http://milanesa.ime.usp.br/rbie/index.php/rbie/article/view/2885>. Acesso em: 27 jul. 2025.

WAPPLER, F. P.; GRANDO, C. M. Experimentação em geometria: Teorema de Pitágoras. In: ENCONTRO REGIONAL DE ESTUDANTES DE MATEMÁTICA DA REGIÃO SUL – EREMAT, 20., 2014, Bagé. **Anais** [...]. Bagé: UNIPAMPA, 2014. p. 185-195. Disponível em: [https://eventos.unipampa.edu.br/eremat/files/2014/12/CC\\_Wappler\\_08389626969.pdf](https://eventos.unipampa.edu.br/eremat/files/2014/12/CC_Wappler_08389626969.pdf). Acesso em: 15 jul. 2025.

WEIGAND, H. G.; HOLLEBRANDS, K.; MASCHIETTO, M. Geometry education at secondary level – a systematic literature review. **ZDM – Zentralblatt für Didaktik der Mathematik**, Heidelberg, v. 56, p. 47–59, 2025. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11858-025-01703-1>. Acesso em: 18 jul. 2025.

WING, J. M. Computational thinking and thinking about computing. **Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences**, Londres, v. 366, n. 1881, p. 3717–3725, 2008. Disponível em: <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.2008.0118>. Acesso em: 10 jul. 2025.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZANATTA, R. P. P. Análise de uma abordagem construcionista no processo ensino-aprendizagem de conceitos físicos e matemáticos com o uso da robótica educacional. In: MOSTRA NACIONAL DE ROBÓTICA (MNR), 2., 2012, Curitiba. **Anais** [...]. Curitiba: UTFPR, 2012.

ZILLI, S. R. **A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática.** 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/86930>. Acesso em: 11 jul. 2025.

## APÊNDICE A - SITUAÇÃO DIDÁTICA 1 - MODELAGEM DO *CHASSI* NO *TINKERCAD*



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL

### SITUAÇÃO DIDÁTICA 1

Modelagem do Chassi do Protótipo Móvel Autônomo  
com Tinkercad

Francisco Glauberto da Silva Abreu

Fortaleza  
2025

## CONTEXTUALIZAÇÃO

Esta Situação Didática (SD) faz parte de uma pesquisa que busca compreender como professores de matemática do 9º ano do Ensino Fundamental podem utilizar a cultura maker e a robótica educacional para promover um ensino de geometria mais ativo. Utilizando kits de robótica (Arduino, motores, sensores) e peças fabricadas em impressora 3D, os participantes construirão e programarão um Protótipo Móvel Autônomo (PMA), explorando conceitos como medidas, proporções, áreas e perímetros. A SD está alinhada à Teoria das Situações Didáticas (TSD) e ao desenvolvimento do pensamento computacional, visando promover uma aprendizagem contextualizada.

## OBJETIVOS

Os objetivos a serem alcançados nesta SD são os seguintes:

- ✓ Utilizar o software Tinkercad para modelar um chassi funcional destinado ao Protótipo Móvel Autônomo (PMA).
- ✓ Aplicar conceitos de área, perímetro e proporção durante o processo de modelagem 3D.
- ✓ Relacionar o design geométrico do chassi à organização dos componentes eletrônicos do projeto.
- ✓ Preparar o modelo digital para impressão 3D, respeitando critérios de funcionalidade e aproveitamento do espaço.

## COMPETÊNCIAS

Espera-se que os participantes desenvolvam as seguintes competências, conforme estabelecido na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e na BNC-Formação (Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019):

- Competência Geral 2 (BNC-Formação): Pesquisar, investigar e refletir sobre práticas pedagógicas inovadoras, utilizando tecnologias digitais de forma crítica e criativa.
- Competência Geral 6 (BNC-Formação): Valorizar a formação permanente, buscando atualização e apropriação de novos conhecimentos para o exercício profissional.
- Competência Específica de Matemática (EF09MA14): Resolver problemas envolvendo medidas de grandezas, áreas e perímetros, aplicando conceitos geométricos em situações práticas.
- Pensamento Computacional: Desenvolver habilidades como decomposição de problemas, reconhecimento de padrões e criação de algoritmos.

## PREPARAÇÃO

O avanço das tecnologias digitais têm transformado significativamente os processos de produção industrial e educacional. No contexto da Indústria 4.0, a fabricação digital — especialmente a impressão 3D — tem se mostrado uma solução eficaz para o desenvolvimento de protótipos, peças personalizadas e ferramentas funcionais, com destaque para a redução de custos e tempo de produção.

Um exemplo relevante é o da montadora Renault, que incorporou impressoras 3D ao seu processo produtivo, criando soluções inovadoras diretamente no chão de fábrica. Por

meio do seu laboratório de inovação, a empresa passou a produzir milhares de peças para diferentes aplicações na linha de montagem, com destaque para o desenvolvimento de componentes utilizados até mesmo em carros de Fórmula 1. Essa experiência demonstra como a integração entre modelagem digital, criatividade e precisão técnica pode otimizar o desempenho de projetos reais. (Inspirado na websérie “Renault Construindo a Fábrica 4.0”, 2018.)



Legenda: Carro F1 da Renault fabricado através da impressão 3D (Foto: Correio24horas).

A partir desse cenário, esta sequência didática propõe que professores de matemática experimentem esse mesmo processo no contexto educacional, utilizando o software Tinkercad para modelar digitalmente o chassi de um Protótipo Móvel Autônomo (PMA). A proposta visa explorar conceitos geométricos — como área, perímetro, proporção e simetria — aplicados à modelagem 3D, permitindo que os participantes planejem e testem soluções viáveis antes da impressão física do objeto.

## APLICAÇÃO

A execução desta sequência didática está organizada em quatro fases, conforme propõe Guy Brousseau na Teoria das Situações Didáticas (TSD). A atividade prática foi planejada para conectar conceitos geométricos — como medidas, proporções, áreas e perímetros — ao processo de modelagem digital de um chassi para o Protótipo Móvel Autônomo (PMA), utilizando o software Tinkercad.

### Situação-problema

Carros autônomos representam um avanço significativo na engenharia e na inteligência artificial, sendo capazes de percorrer trajetos e desviar de obstáculos com base em sistemas programados e sensores. Inspirando-se nesse cenário, um projeto educacional será desenvolvido com o objetivo de simular, em pequena escala, o funcionamento básico de um desses veículos.

Para que esse protótipo — chamado de Protótipo Móvel Autônomo (PMA) — seja funcional, é necessário que os participantes, antes da montagem e da programação, modelem um chassi digital em Tinkercad que comporte de forma adequada todos os seus componentes: Arduino Uno, ponte H, dois motores DC, suporte de pilhas 18650 e sistema de fixação.

Esse chassi será impresso em 3D e deverá ter dimensões compatíveis com os elementos eletrônicos, permitir a fixação segura de cada peça e garantir equilíbrio estrutural durante o deslocamento do PMA por um trajeto de 40 centímetros com curva de 90 graus, que será executado na próxima sequência didática.

## Etapas

As etapas desta SD seguem as fases propostas por Guy Brousseau em sua Teoria das Situações Didáticas (TSD). E estão planejadas para os seguintes tempos de execução.

Fase	Situação	Evento	Tempo
1	Ação	Apresentação do desafio	10 min
2	Formulação	Modelagem digital no Tinkercad	2 h
3	Validação	Resolução de problemas	1 h
4	Institucionalização	Socialização dos resultados	30 min

### Detalhamento das Fases:

#### Fase 1: Ação (10 min)

Nesta fase inicial, apresenta-se o desafio de modelar digitalmente um chassi funcional para o Protótipo Móvel Autônomo (PMA), que deverá comportar todos os componentes eletrônicos da próxima etapa: Arduino Uno, ponte H, dois motores DC e suporte de pilhas 18650.

#### Atividades:

- Apresentação da situação-problema e do papel do chassi no funcionamento do PMA.
- Discussão sobre a importância da fabricação digital e da modelagem 3D no contexto da Indústria 4.0 e da educação maker.
- Exibição de vídeo ou exemplos reais sobre aplicação de impressão 3D na indústria e na robótica educacional.
- Apresentação do software Tinkercad e de suas funcionalidades básicas.
- Levantamento dos critérios técnicos: medidas dos componentes, encaixes, simetria, resistência, proporção e área útil.

#### Fase 2: Formulação (2 h)

Antes de iniciar a modelagem digital no Tinkercad, os participantes devem criar um esboço do chassi no papel, com medidas aproximadas de cada componente e do espaço necessário para acomodá-los.

##### 1. Esboço em papel com medidas:

- Medir os componentes reais;
- Representar geometricamente cada elemento;
- Planejar a disposição dos componentes no chassi;
- Estimar área e perímetro necessários;

##### 2. Modelagem digital no Tinkercad:

- Criar o chassi com formas básicas (retângulos, cilindros, etc.);
- Respeitar proporções e encaixes do esboço;
- Aplicar ajustes de simetria e posicionamento funcional.

## APÊNDICE B - SITUAÇÃO DIDÁTICA 2 - MONTAGEM DO PMA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL

### SITUAÇÃO DIDÁTICA 2

Montagem do Protótipo Móvel Autônomo (PMA)

Francisco Glauberto da Silva Abreu

Fortaleza  
2025

## CONTEXTUALIZAÇÃO

Esta Situação Didática (SD) faz parte de uma pesquisa que busca compreender como professores de matemática do 9º ano do Ensino Fundamental podem utilizar a cultura maker e a robótica educacional para promover um ensino de geometria mais ativo. Utilizando kits de robótica (Arduino, motores, sensores) e peças fabricadas em impressora 3D, os participantes construirão e programarão um Protótipo Móvel Autônomo (PMA), explorando conceitos como medidas, proporções, áreas e perímetros. A SD está alinhada à Teoria das Situações Didáticas (TSD) e ao desenvolvimento do pensamento computacional, visando promover uma aprendizagem contextualizada.

## OBJETIVOS

Os objetivos a serem alcançados nesta SD são os seguintes:

- ✓ Montar o Protótipo Móvel Autônomo (PMA) utilizando Arduino, dois motores DC, um chassi impresso em 3D, uma placa ponte H e um suporte de pilhas impresso em 3D.
- ✓ Entender o funcionamento básico de um circuito elétrico e a função de cada componente.
- ✓ Aplicar conceitos de geometria, como medidas, proporções e simetria, na montagem do chassi e na organização dos componentes.
- ✓ Desenvolver habilidades de programação.
- ✓ Resolver uma situação-problema;
- ✓ Divulgar ao grupo os resultados obtidos.

## COMPETÊNCIAS

Espera-se que os participantes desenvolvam as seguintes competências, conforme estabelecido na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e na BNC-Formação (Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019):

- Competência Geral 2 (BNC-Formação): Pesquisar, investigar e refletir sobre práticas pedagógicas inovadoras, utilizando tecnologias digitais de forma crítica e criativa.
- Competência Geral 6 (BNC-Formação): Valorizar a formação permanente, buscando atualização e apropriação de novos conhecimentos para o exercício profissional.
- Competência Específica de Matemática (EF09MA14): Resolver problemas envolvendo medidas de grandezas, áreas e perímetros, aplicando conceitos geométricos em situações práticas.
- Pensamento Computacional: Desenvolver habilidades como decomposição de problemas, reconhecimento de padrões e criação de algoritmos.

## PREPARAÇÃO

A mobilidade urbana está passando por uma revolução tecnológica, impulsionada pelo desenvolvimento de carros autônomos. Esses veículos, capazes de se movimentar sem interferência humana, dependem de sistemas avançados de sensores, algoritmos e programação para tomar decisões em tempo real. Segundo o Olhar Digital (2022), carros autônomos são configurados sem itens tradicionais, como volante e pedais, pois sua movimentação é totalmente autônoma, baseada em tecnologias como inteligência artificial e robótica.



Fonte: <https://olhardigital.com.br/2022/04/05/carros-e-tecnologia/carros-autonomos/>

Essa transformação tecnológica não apenas redefine o futuro dos transportes, mas também oferece uma oportunidade única para o ensino de matemática. Ao integrar conceitos de geometria, medidas e proporções com a construção e programação de um Protótipo Móvel Autônomo (PMA), os professores podem conectar o aprendizado à realidade dos carros autônomos, mostrando como a matemática e a tecnologia estão interligadas. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) reforça a importância de desenvolver habilidades como o pensamento computacional e a resolução de problemas.

## APLICAÇÃO

A execução desta sequência didática está organizada em quatro fases, conforme propõe Guy Brousseau na Teoria das Situações Didáticas (TSD). A atividade prática foi planejada para conectar conceitos geométricos — como medidas, proporções, áreas e perímetros — ao processo de montagem do Protótipo Móvel Autônomo (PMA), com as placas eletrônicas, os motores DC, suporte de pilhas e o chassi previamente modelado e impresso em 3D, etc.

### Situação-problema

Os carros autônomos, que dispensam a intervenção humana para se movimentar, dependem de sistemas avançados de programação e controle para tomar decisões em tempo real. Inspirados nessa tecnologia, os participantes desta SD serão desafiados a construir e programar um protótipo robótico que simule algumas funcionalidades básicas de um carro autônomo. O protótipo deverá percorrer um trajeto retilíneo de 50 centímetros e, em seguida, fazer uma curva de 90 graus para desviar de um obstáculo. Para isso, os professores utilizarão motores, baterias e programação para controlar o movimento do carrinho, explorando conceitos geométricos e desenvolvendo habilidades de pensamento computacional.

## Etapas

As etapas desta SD seguem as fases propostas por Guy Brousseau em sua Teoria das Situações Didáticas (TSD). E estão planejadas para os seguintes tempos de execução.

Fase	Situação	Evento	Tempo
1	Ação	Apresentação do desafio	15 min
2	Formulação	Montagem e programação	1h 20 min
3	Validação	Resolução de problemas	25 min
4	Institucionalização	Socialização dos resultados	30 min

### Detalhamento das Fases:

#### Fase 1: Ação (15 min)

Os participantes devem construir um protótipo que simule funcionalidades básicas de um carro autônomo, percorrendo um trajeto retilíneo de 50 cm e fazendo uma curva de 90 graus.

#### Atividades:

- Apresentar o desafio e discutir sua relevância para o ensino de geometria e tecnologia.
- Exibir um vídeo sobre carros autônomos e sua relação com a robótica (ex.: <https://www.youtube.com/watch?v=kWf4ZFO78qE>).
- Dividir os participantes em grupos e distribuir os materiais (Arduino, motores, baterias, peças 3D, etc.).

#### Fase 2: Formulação (1h 20min)

Nesta fase, os participantes colocarão em prática a construção do Protótipo Móvel Autônomo (PMA). A seguir, serão orientados na montagem dos componentes eletrônicos e na programação do carrinho, com o objetivo de executar um percurso definido.

- Montagem do Carrinho:
- Orientar a montagem do chassis, utilizando peças fabricadas em impressora 3D.
- Conectar os motores à Ponte H e ao Arduino, seguindo um diagrama de circuitos básico.
- Programação do Carrinho:
- Introduzir o software Arduino IDE e os blocos básicos de programação.
- Desafiar os grupos a programar o carrinho para percorrer uma distância específica (50 cm) e fazer uma curva de 90 graus.
- Explorar a relação entre o número de rotações das rodas e a distância percorrida, utilizando a fórmula:

### **Fase 3: Validação (25min)**

Nesta fase, os participantes testarão o funcionamento do Protótipo Móvel Autônomo (PMA), verificando se o comportamento do carrinho corresponde às programações e objetivos definidos. A atividade envolve a análise de possíveis falhas, ajustes na montagem ou no código, e a aplicação de estratégias para resolver problemas identificados durante os testes práticos.

- Realizar testes práticos para verificar a precisão do carrinho.
- Ajustar a programação e as medidas do carrinho conforme necessário.
- Resolver problemas identificados durante os testes (ex.: desalinhamento das rodas, imprecisão na distância percorrida).

### **Fase 4: Institucionalização (30 min)**

Nesta etapa final, os participantes compartilham os resultados da construção e programação do Protótipo Móvel Autônomo (PMA), socializando as estratégias adotadas e os aprendizados construídos ao longo da atividade.

- Cada grupo apresenta seu carrinho e explica as soluções adotadas para os desafios.
- Discutir as dificuldades encontradas e as estratégias utilizadas para superá-las.
- Promover uma roda de conversa para refletir sobre a aplicação dos conceitos geométricos e tecnológicos no projeto.

### **QUESTÕES PARA REFLEXÃO:**

1. Como a robótica educacional pode contribuir para o ensino de geometria?
2. Quais foram os principais desafios enfrentados durante a montagem e programação do carrinho?
3. Como os conceitos geométricos e o pensamento computacional foram aplicados no projeto?

### **REFERÊNCIAS**

**BRASIL. Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 03 ago. 2022.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019.** Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 2019. Seção 1, p. 49-50.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo das situações didáticas:** conteúdos e métodos de ensino. Trad. Camila Bogéa. São Paulo: Ática, 2008.

## APÊNDICE C - SITUAÇÃO DIDÁTICA 3 - PROGRAMAÇÃO DO PMA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
INSTITUTO UNIVERSIDADE VIRTUAL

### SITUAÇÃO DIDÁTICA 3

Programação do Protótipo Móvel Autônomo (PMA)

Francisco Glauberto da Silva Abreu

Fortaleza  
2025

## CONTEXTUALIZAÇÃO

Esta Situação Didática (SD) faz parte de uma pesquisa que busca compreender como professores de matemática do 9º ano do Ensino Fundamental podem utilizar a cultura maker e a robótica educacional para promover um ensino de geometria mais ativo. Utilizando kits de robótica (Arduino, motores, sensores) e peças fabricadas em impressora 3D, os participantes construirão e programarão um Protótipo Móvel Autônomo (PMA), explorando conceitos como medidas, proporções, áreas e perímetros. A SD está alinhada à Teoria das Situações Didáticas (TSD) e ao desenvolvimento do pensamento computacional, visando promover uma aprendizagem contextualizada.

## OBJETIVOS

Os objetivos a serem alcançados nesta SD são os seguintes:

- ✓ Construir e programar um protótipo móvel autônomo utilizando kits de robótica e peças fabricadas em impressora 3D.
- ✓ Explorar conceitos geométricos (área, perímetro e ângulos) na construção de figuras planas (quadrado, retângulo, triângulo e círculo).
- ✓ Promover a resolução de problemas por meio da cultura maker e da robótica educacional.
- ✓ Desenvolver habilidades de programação.
- ✓ Divulgar os resultados obtidos por meio de apresentações e reflexões coletivas

## COMPETÊNCIAS

Espera-se que os participantes desenvolvam as seguintes competências, conforme estabelecido na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e na BNC-Formação (Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019):

- Competência Geral 2 (BNC-Formação): Pesquisar, investigar e refletir sobre práticas pedagógicas inovadoras, utilizando tecnologias digitais de forma crítica e criativa.
- Competência Geral 6 (BNC-Formação): Valorizar a formação permanente, buscando atualização e apropriação de novos conhecimentos para o exercício profissional.
- Competência Específica de Matemática (EF09MA14): Resolver problemas envolvendo medidas de grandezas, áreas e perímetros, aplicando conceitos geométricos em situações práticas.
- Pensamento Computacional: Desenvolver habilidades como decomposição de problemas, reconhecimento de padrões e criação de algoritmos.

## PREPARAÇÃO

O avanço da automação no setor agrícola evidencia o impacto da programação e da robótica na transformação de atividades produtivas em escala global. Um exemplo recente dessa evolução é o investimento de mais de US\$ 2 bilhões anunciado pela CNH Industrial, uma das maiores fabricantes de máquinas agrícolas do mundo, voltado ao desenvolvimento de tratores totalmente autônomos. Esses veículos são projetados para operar sem intervenção humana, utilizando tecnologias como sensores, inteligência artificial e sistemas de controle remoto. A proposta é otimizar a eficiência no campo, reduzindo custos e aumentando a

produtividade por meio de soluções baseadas em software, programação e automação inteligente.



Fonte: <https://gavioli.ind.br/tratores-autonomos-na-agricultura/>

Esse cenário de inovação tecnológica mostra a relevância de preparar educadores e estudantes para compreender e aplicar os fundamentos da programação de sistemas autônomos. Neste contexto, a terceira sequência didática propõe que os participantes programem o Protótipo Móvel Autônomo (PMA) para executar movimentos coordenados, como deslocamento em linha reta e curvas, utilizando a plataforma Arduino IDE.

### APLICAÇÃO

A execução desta sequência didática está organizada em quatro fases, conforme propõe Guy Brousseau na Teoria das Situações Didáticas (TSD). A atividade prática foi planejada para conectar conceitos geométricos — como medidas, proporções, áreas e perímetros — ao processo de programação do Protótipo Móvel Autônomo (PMA).

#### Situação-problema

Uma empresa desenvolveu um trator autônomo capaz de operar sozinho em áreas agrícolas, seguindo rotas pré-programadas. Esses veículos modernos realizam tarefas como plantio e pulverização, sem necessidade de intervenção humana, o que exige precisão em seus movimentos e decisões automatizadas.

Para simular esse tipo de tecnologia, os participantes desta sequência didática serão desafiados a programar o Protótipo Móvel Autônomo (PMA) para seguir uma rota semelhante à de um trator agrícola em uma área delimitada. A simulação proposta é a seguinte:

1. Mover para frente em linha reta por 40 cm;
2. Fazer uma curva de 90 graus;
3. Mover para frente em linha reta por 50 cm;
4. Fazer uma curva de 90 graus;
5. Mover para frente em linha reta por 40 cm;
6. Fazer uma curva de 90 graus;
7. Mover para frente em linha reta por 50 cm;
8. Retornar ao início.

## Etapas

As etapas desta SD seguem as fases propostas por Guy Brousseau em sua Teoria das Situações Didáticas (TSD). E estão planejadas para os seguintes tempos de execução.

Fase	Situação	Evento	Tempo
1	Ação	Apresentação do desafio	15 min
2	Formulação	Montagem e programação	1h 20 min
3	Validação	Resolução de problemas	25 min
4	Institucionalização	Socialização dos resultados	30 min

### Detalhamento das Fases:

#### Fase 1: Ação (15 min)

Os participantes devem construir um protótipo que simule funcionalidades básicas de um trator agrícola autônomo, percorrendo o trajeto descrito na situação-problema.

#### Atividades:

- Apresentar o desafio e discutir sua relevância para o ensino de geometria e tecnologia.
- Exibir um vídeo sobre robôs aspiradores e sua relação com a robótica (ex.: <https://www.youtube.com/watch?v=ZDvsBkfahWQ>).
- Dividir os participantes em grupos e distribuir os materiais (Arduino, motores, baterias, peças 3D, etc.).

#### Fase 2: Formulação (1h 20min)

Nesta fase, os participantes serão introduzidos ao ambiente de programação Arduino IDE e aos blocos básicos necessários para controlar os movimentos do Protótipo Móvel Autônomo (PMA).

- Programar o Protótipo Móvel Autônomo;
- Utilizar os blocos básicos de programação.
- Desafiar os grupos a programar o robô para reproduzir o percurso retangular de 40 cm x 50 cm;
- Explorar a relação entre o número de rotações das rodas e a distância percorrida, utilizando a fórmula:

$$\text{Distância} = \text{Número de rotações} \times \text{Circunferência da roda}$$

#### Fase 3: Validação (25min)

Nesta fase, os participantes realizarão testes práticos para verificar se o Protótipo Móvel Autônomo (PMA) executa corretamente o percurso retangular descrito na situação-problema.

- Testes Práticos:  
Realizar testes para verificar se o protótipo realiza os movimentos descritos na situação-problema corretamente.  
Ajustar a programação e as medidas do protótipo conforme necessário.
- Cálculos Matemáticos:  
Calcular o perímetro do retângulo, utilizando a fórmula:

$$\text{Perímetro} = 2 \times (\text{base} + \text{altura})$$

Calcular a área do retângulo, utilizando a fórmula:  
 Área = base × altura

- Resolução de Problemas:  
 Identificar e corrigir eventuais erros no percurso ou nos cálculos.

#### **Fase 4: Institucionalização (30 min)**

Nesta etapa final, os participantes compartilham os resultados da construção e programação do Protótipo Móvel Autônomo (PMA), socializando as estratégias adotadas e os aprendizados construídos ao longo da atividade.

- Cada grupo apresenta seu robô e explica as soluções adotadas para os desafios.
- Discutir as dificuldades encontradas e as estratégias utilizadas para superá-las.
- Promover uma roda de conversa para refletir sobre a aplicação dos conceitos geométricos e tecnológicos no projeto.

#### **QUESTÕES PARA REFLEXÃO:**

1. Como a robótica educacional pode contribuir para o ensino de geometria?
2. Quais foram os principais desafios enfrentados durante a montagem e programação do robô?
3. Como os conceitos de perímetro e área foram aplicados no projeto?

#### **REFERÊNCIAS**

**BRASIL. Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 03 ago. 2022.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Educação. **Resolução CNE/CP nº 2, de 20 de dezembro de 2019.** Define as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial de Professores para a Educação Básica e institui a Base Nacional Comum para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica (BNC-Formação). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 dez. 2019. Seção 1, p. 49-50.

BROUSSEAU, Guy. **Introdução ao estudo das situações didáticas:** conteúdos e métodos de ensino. Trad. Camila Bogéa. São Paulo: Ática, 2008.

## APÊNDICE D - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP/UFC

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ - UFC



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** EXPLORANDO O POTENCIAL DA CULTURA MAKER E FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO DE GEOMETRIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES DO 9º ANO

**Pesquisador:** FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 86293224.8.0000.5054

**Instituição Proponente:** Instituto UFC Virtual

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 7.575.116

#### Apresentação do Projeto:

A cultura maker tem sido reconhecida como uma abordagem inovadora que promove a aprendizagem ativa e significativa, estimulando o pensamento crítico, a resolução de problemas e a criatividade dos alunos. No âmbito da Matemática os professores podem propor aos estudantes a manipulação de objetos e resolução de desafios práticos, pois os estudantes têm a oportunidade de aplicar conceitos matemáticos em projetos autênticos, desenvolvendo uma compreensão mais profunda dos conceitos matemáticos e sua aplicação no mundo real. Este projeto de pesquisa busca explorar a integração da cultura maker e da fabricação digital no ensino de matemática, utilizando uma abordagem construcionista. Será realizada uma pesquisa com abordagem qualitativa.

#### Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

-Analisar a utilização da fabricação digital no desenvolvimento de um kit didático para o ensino de geometria sob a perspectiva da abordagem construcionista para alunos do 9º ano do ensino fundamental.

Objetivo Secundário:

-Investigar as práticas pedagógicas dos professores do 9º ano no ensino de geometria.

Construir, em conjunto com professores de matemática, materiais didáticos complementares utilizando a cultura maker e a fabricação digital, visando aprimorar a qualidade do ensino de

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, nº 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**CEP:** 60.430-275

**UF:** CE

**Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**E-mail:** comepe@ufc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ - UFC



Continuação do Parecer: 7.575.116

geometria.

- Avaliar a efetividade da utilização da cultura maker e da fabricação digital como recursos pedagógicos no desenvolvimento de habilidades matemáticas e tecnológicas dos alunos

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:**

O uso de equipamentos como impressoras 3D e cortadoras a laser carrega riscos inerentes, como cortes, queimaduras e outras lesões físicas que podem ocorrer se os dispositivos não forem manuseados corretamente. Além disso, há a preocupação com os riscos elétricos, como choques, que podem resultar do contato acidental com componentes eletrônicos expostos ou mal isolados.

**Benefícios:**

ela promove uma aprendizagem ativa e engajadora, incentivando os alunos a participarem diretamente na construção e manipulação de objetos, o que facilita a compreensão e retenção dos conceitos matemáticos. Este método contribui também para o desenvolvimento de habilidades cruciais do século XXI, como o pensamento crítico, a resolução de problemas, a criatividade e a inovação.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto em questão está com a escrita razoável. Porém, de boa leitura e entendimento. Está incluído desenho do estudo, introdução, objetivos, metodologia, cronograma de atividades, orçamento e outros. A documentação exigida pela RESOLUÇÃO 466/2012/CNS/MS que regulamenta os estudos aplicados aos seres humanos está incluída

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

Os termos de apresentação do trabalho estão coerentes com o tema abordado e o rigor da ética em pesquisa.

**Recomendações:**

projeto de pesquisa está devidamente instruído para que o mesmo seja executado. Há uma sugestão de melhoria da fundamentação teórica, mas está eticamente correto. Portanto o parecer é favorável à sua APROVAÇÃO.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado.

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, nº 1000

**Bairro:** Rodolfo Teófilo

**UF:** CE **Município:** FORTALEZA

**Telefone:** (85)3366-8344

**CEP:** 60.430-275

**E-mail:** comepe@ufc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ - UFC



Continuação do Parecer: 7.575.116

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJECTO_2443570.pdf	15/03/2025 13:03:08		Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA_atualizado.pdf	15/03/2025 13:02:56	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Outros	Carta_Resposta_Glauberto.pdf	15/03/2025 12:59:25	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Atualizado_TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_TCLE.pdf	15/03/2025 12:57:51	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Atualizado_Glauberto_Projeto.docx	15/03/2025 12:52:06	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Carta_de_solicitacao_de_apreciacao.pdf	01/12/2024 00:21:40	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Declaração de concordância	Declaracao_de_Concordancia.pdf	01/12/2024 00:19:56	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TERMO_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_TCLE.pdf	01/12/2024 00:15:42	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	01/12/2024 00:14:15	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	AUTORIZACAO_DO_LOCAL_DE_REALIZACAO_DA_PESQUISA_assinado.pdf	01/12/2024 00:11:28	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Solicitação Assinada pelo Pesquisador Responsável	Carta_de_solicitacao.pdf	20/11/2024 20:03:44	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Orçamento	DECLARACAO_DE_ORCAMENTO_FINAL.pdf	20/11/2024 17:51:20	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	20/11/2024 17:50:51	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Glauberto_Projeto.docx	20/11/2024 17:50:20	FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU	Aceito

Endereço: Rua Cel. Nunes de Melo, nº 1000	CEP: 60.430-275
Bairro: Rodolfo Teófilo	
UF: CE	Município: FORTALEZA
Telefone: (85)3366-8344	E-mail: comepe@ufc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO  
CEARÁ - UFC



Continuação do Parecer: 7.575.116

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

FORTALEZA, 16 de Maio de 2025

---

**Assinado por:**

**FERNANDO ANTONIO FROTA BEZERRA**  
(Coordenador(a))

**Endereço:** Rua Cel. Nunes de Melo, nº 1000  
**Bairro:** Rodolfo Teófilo  
**UF:** CE                    **Município:** FORTALEZA  
**Telefone:** (85)3366-8344

**CEP:** 60.430-275

**E-mail:** comepe@ufc.br

## APÊNDICE E – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

Você está sendo convidado(a) por Francisco Glauberto da Silva Abreu como participante da pesquisa intitulada “Explorando o Potencial da Cultura Maker e Fabricação Digital no Ensino de Geometria: Um Estudo com Professores do 9º Ano”. Sua participação é completamente voluntária, e você não deve participar contra a sua vontade. Leia atentamente as informações abaixo e não hesite em fazer qualquer pergunta que desejar, para que todos os procedimentos desta pesquisa sejam claramente esclarecidos para você.

O objetivo desta pesquisa é explorar como a implementação da cultura maker e da fabricação digital pode enriquecer o ensino de geometria, tornando-o mais interativo e cativante para alunos do 9º ano. Esperamos que essa abordagem não apenas melhore a compreensão dos conceitos matemáticos, mas também estimule a criatividade e o pensamento crítico dos estudantes.

Durante a pesquisa, você será convidado a participar de sessões que empregam técnicas de ensino inovadoras baseadas na cultura maker, incluindo o uso de ferramentas de fabricação digital. Observaremos e coletaremos dados sobre sua interação com as metodologias propostas e sua resposta a elas.

Espera-se que sua participação ajude a desenvolver novas práticas educativas que se beneficiem da integração de tecnologia e métodos práticos, enriquecendo assim o ensino de matemática. Os riscos associados à sua participação são mínimos, similares aos que se encontram em um ambiente educacional regular, e todas as atividades serão realizadas com o máximo cuidado para garantir sua segurança e bem-estar.

Como pesquisador, comprometo-me a utilizar os dados e materiais coletados exclusivamente para fins desta pesquisa. As informações serão manejadas com total confidencialidade, respeitando sua privacidade, e serão utilizadas apenas para fins acadêmicos e científicos.

Sua participação na pesquisa é totalmente voluntária e não remunerada. Você tem a liberdade de desistir a qualquer momento ou retirar seu consentimento, sem qualquer prejuízo para você. Além disso, garantimos que as informações obtidas por meio de sua participação serão tratadas de maneira a não permitir sua identificação pessoal, exceto aos responsáveis diretos pelo estudo. A divulgação dessas informações será limitada a profissionais da área.

Agradecemos seu interesse e possível contribuição para este estudo. Por favor, não hesite em entrar em contato para esclarecer qualquer dúvida ou obter mais informações antes de decidir sobre sua participação na pesquisa.

Endereço d(os, as) responsável(is) pela pesquisa:

**Nome:** Francisco Glauberto da Silva Abreu  
**Instituição:** Universidade Federal do Ceará  
**Endereço:** Travessa Sucupira, 990 - Genibáu  
**Telefones para contato:** (85)987130723

**Nome:** Francisco Herbert Lima Vasconcelos  
**Instituição:** Universidade Federal do Ceará  
**Endereço:** Av. Humberto Monte, s/n, UFC Campus do Pici, Bloco 1430 - Bloco acadêmico do Instituto UFC Virtual 3º Andar - Gabinete Herbert Lima  
**Telefones para contato:** (85) 999874600

**Nome:** Daniel Brandão Menezes  
**Instituição:** Universidade Federal do Ceará  
**Endereço:** Av. Humberto Monte, s/n, UFC Campus do Pici, Bloco 1430 - Bloco acadêmico do Instituto UFC Virtual 3º Andar  
**Telefones para contato:** (85) 996837173

**ATENÇÃO:** Se você tiver alguma consideração ou dúvida, sobre a sua participação na pesquisa, entre em contato com o Comitê de Ética em Pesquisa da UFC/PROPESQ – Rua Coronel Nunes de Melo, 1000 - Rodolfo Teófilo, fone: 3366-8344/46. (Horário: 08:00-12:00 horas de segunda a sexta-feira).  
 O CEP/UFC/PROPESQ é a instância da Universidade Federal do Ceará responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos.

O abaixo assinado \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ anos,  
 RG: \_\_\_\_\_, declara que é de livre e espontânea vontade que está como participante de uma pesquisa. Eu declaro que li cuidadosamente este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e que, após sua leitura, tive a oportunidade de fazer perguntas sobre o seu conteúdo, como também sobre a pesquisa, e recebi explicações que responderam por completo minhas dúvidas. E declaro, ainda, estar recebendo uma via assinada deste termo.

Fortaleza, \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_

Nome do participante da pesquisa: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome da testemunha(se o voluntário não souber ler): \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

Nome do profissional que aplicou TCLE: \_\_\_\_\_  
 Data: \_\_\_\_\_ Assinatura: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE F - QUESTIONÁRIO DIAGNÓSTICO (PRÉ- TESTE)

# EXPLORANDO O POTENCIAL DA CULTURA MAKER E FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO DE GEOMETRIA

Prezado(a) Professor(a),

Ao responder este documento, você estará participando de uma pesquisa de Mestrado Profissional em Tecnologia Educacional pela Universidade Federal do Ceará, do mestrando Francisco Glauberto da Silva Abreu, sob orientação do Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos e coorientação do Prof. Dr. Daniel Brandão Menezes. É importante destacar que o objetivo deste questionário é realizar um levantamento do perfil do público-alvo e que não existem respostas certas ou erradas. Os dados coletados neste questionário serão utilizados única e exclusivamente para a pesquisa e nenhuma informação que identifique o participante será divulgada, conforme o TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.

Pedimos que responda ao questionário com atenção e sinceridade. Agradecemos antecipadamente sua participação nesta pesquisa. Em caso de dúvidas, entre em contato pelo e-mail: glauberto@gmail.com.

Desde já agradecemos e nos colocamos à disposição para quaisquer esclarecimentos.

\* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail \*

*Pular para a pergunta 2*  
*Pular para a pergunta 2*

### QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRELIMINAR E ANÁLISE À PRIORI

#### Parte 1: SOBRE O PERFIL DO PARTICIPANTE

2. **Questão 1: Sexo \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Feminino
- Masculino
- Outro

3. **Questão 2: Idade \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Até 24 anos
- De 24 a 29 anos
- De 30 a 39 anos
- De 40 a 49 anos
- 50 anos ou mais

4. **Questão 3: Como você se considera? \***

*Marcar apenas uma oval.*

- Branco(a)
- Pardo(a)
- Preto(a)
- Amarelo(a)
- Indígena

5. **Questão 4:** Qual o seu nível de escolaridade? \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Graduação em licenciatura
- Especialização
- Mestrado
- Doutorado
- Pós-doutorado
- Outro: \_\_\_\_\_

6. **Questão 5:** Formação acadêmica \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Física
- Matemática
- Outro: \_\_\_\_\_

7. **Questão 6:** Tempo de atuação docente/profissional \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Menos de 5 anos
- Entre 6 e 10 anos
- Entre 11 e 15 anos
- Entre 16 e 20 anos
- Acima de 20 anos

8. **Questão 7:** Qual nível de ensino você atua? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Ensino Infantil
- Ensino Fundamental 1
- Ensino Fundamental 2
- Ensino Médio
- Ensino Superior

9. **Questão 8:** Qual(s) rede(s) de ensino você atua como docente? \*

*Marque todas que se aplicam.*

- Rede Municipal
- Rede Estadual
- Rede Federal
- Rede Privada

10. **Questão 9:** Em quantas escolas ou universidade você trabalha como professor \* de sala de aula?

*Marque todas que se aplicam.*

- 1
- 2
- 3
- Acima de 3
- Não atuo em sala de aula.
- Atuo no ensino superior
- Outro: \_\_\_\_\_

11. **Questão 10:** Qual a sua carga horária semanal como professor de sala de aula?

*Marque todas que se aplicam.*

- Até 20 h/a
- Entre 20 e 30 h/a
- Entre 30 e 40 h/a
- Entre 40 e 50 h/a
- Acima de 50 h/a.

*Pular para a pergunta 2*  
*Pular para a pergunta 2*

## **QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRELIMINAR E ANÁLISE À PRIORI**

### **Parte 2: Saberes da Docência**

(Marque seu grau de concordância para as afirmações abaixo)

12. **Questão 1:** Sinto-me confiante ao utilizar tecnologias em sala de aula \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

13. **Questão 2:** Utilizo metodologias ativas no ensino de geometria. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

14. **Questão 3:** Acredito que a tecnologia pode melhorar a aprendizagem de conceitos geométricos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

15. **Questão 4:** Tenho experiência na aplicação de atividades práticas para ensinar \* geometria.

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

#### QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRELIMINAR E ANÁLISE À PRIORI

##### Parte 3: Conhecimento Prévio sobre Pensamento Computacional, Cultura Maker e Construcionismo

(Marque seu grau de concordância para as afirmações abaixo)

16. **Questão 1:** Conheço os conceitos básicos do Pensamento Computacional. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

17. **Questão 2:** Acredito que a Cultura Maker pode ser aplicada no ensino de matemática. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

18. **Questão 3:** Sei utilizar o Pensamento Computacional para ensinar conceitos matemáticos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

19. **Questão 4:** Tenho conhecimento sobre a abordagem construcionista e suas implicações para o ensino de matemática. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

20. **Questão 5:** Já utilizei princípios do construcionismo para desenvolver atividades práticas em sala de aula. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

*Pular para a pergunta 21*

#### **QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRELIMINAR E ANÁLISE À PRIORI**

**Parte 4:**

**Sobre a cultura maker na escola**

21. **Questão 1:** Computadores \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

22. **Questão 2:** Internet \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

23. **Questão 3:** Simuladores virtuais \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

24. **Questão 4:** Impressora Plotter \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

25. **Questão 5:** Impressora 3D \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

26. **Questão 6:** Máquina de corte à laser (Impressora à laser) \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

27. **Questão 7:** Espaço maker ou laboratório escolar \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

28. **Questão 8:** Materiais de baixo custo ou reaproveitáveis (papelão, alumínio, madeira etc.) para realização atividades de sala de aula. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

29. **Questão 9:** Ferramentas tais como alicate, chave de fenda, dentre outras, para \* confecção de recursos didáticos a serem aplicados em sala de aula.

*Marcar apenas uma oval.*

- Utilizo com frequência
- Utilizo quando necessário
- Não considero necessário utilizar
- Não utilizo porque a escola não tem
- Não sei utilizar

*Pular para a pergunta 30*

#### **QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRELIMINAR E ANÁLISE À PRIORI**

**Parte 5: Sobre as metodologias de ensino na sala de aula**

30. **Questão 1:** Ministro os conteúdos utilizando quadro e pincel através da metodologia Tradicional - Expositiva. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

31. **Questão 2:** Desenvolvo projetos relacionados aos assuntos ministrados utilizando a Aprendizagem Baseada em Projetos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

32. **Questão 3:** Utilizo sequências didáticas com base nos exercícios das disciplinas baseado em uma teoria de ensino. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

33. **Questão 4:** Realizo análise de conhecimento prévio para embasar os assuntos \* que serão ministrados por meio da Teoria da Aprendizagem Significativa ou outra teoria de ensino.

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

34. **Questão 5:** Desenvolvo produtos educacionais (ou experimentos) que serão \* montados e utilizados em sala através da Cultura Maker ou atividades de laboratório.

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

35. **Questão 6:** Utilizo jogos físicos e virtuais com base nos conteúdos ministrados \* por meio da Gamificação.

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

36. **Questão 7:** Reservo momentos de leituras, debates e conversas entre grupos com base na Aprendizagem Colaborativa. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

37. **Questão 8:** Utilizo softwares de simulação virtual, amparado(a) em uma teoria de ensino, para exemplificar situações reais. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

38. **Questão 9:** Desenvolvo atividades que ampliem a consciência crítica sobre as necessidades atuais pela Metodologia Freiriana. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

39. **Questão 10:** Utilizo espaços e momentos que promovam o protagonismo dos alunos baseado em uma teoria construtivista. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Semanalmente
- Algumas vezes por mês
- Uma vez por mês
- Uma vez por semestre
- Não utilizo de forma alguma

*Pular para a pergunta 40*

## QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRELIMINAR E ANÁLISE À PRIORI

### Parte 6:

#### Conhecimento Prévio sobre Arduino, Fabricação Digital e Modelagem 3D

(Marque seu grau de concordância para as afirmações abaixo)

40. **Questão 1:** Já utilizei ferramentas de Modelagem 3D para criar objetos matemáticos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

41. **Questão 2:** Conheço softwares como Tinkercad, Fusion 360 ou Blender. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

42. **Questão 3:** Tenho experiência básica com o uso do Arduino. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

43. **Questão 4:** Acredito que o uso do Arduino pode auxiliar no ensino de geometria. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

44. **Questão 5:** Tenho experiência com impressoras 3D ou corte a laser para a fabricação de materiais didáticos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

45. **Questão 6:** Sei como utilizar a fabricação digital para criar materiais manipuláveis no ensino de matemática. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

46. **Questão 7:** Utilizo impressoras 3D, cortadoras a laser ou outras ferramentas de \* fabricação digital em minha prática docente.

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

47. **Questão 8:** Desenvolvo produtos educacionais (ou experimentos) com base na \*  
Cultura Maker.

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

*Pular para a pergunta 48*

### QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE PRELIMINAR E ANÁLISE À PRIORI

#### Parte 7: Expectativas para a Formação

48. **Questão 1:** O que você espera aprender com esta formação? \*

---

---

---

---

---

49. **Questão 2:** Quais são suas maiores dificuldades ao ensinar geometria? \*

---

---

---

---

---

50. **Questão 3:** O que você acredita que pode ser feito para melhorar o ensino de perímetro e área na sua prática pedagógica? \*

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

## APÊNDICE G - QUESTIONÁRIO FINAL (PÓS - TESTE)

# EXPLORANDO O POTENCIAL DA CULTURA MAKER E FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO DE GEOMETRIA ( QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE DA PESQUISA )

Prezado(a) Professor(a),

Este questionário tem o objetivo de avaliar a experiência dos professores na aplicação das Sequências Didáticas desenvolvidas durante a formação. Ele busca compreender os impactos da abordagem utilizada no desenvolvimento profissional dos participantes, bem como os desafios enfrentados e as possibilidades de aplicação dos conhecimentos adquiridos na prática docente. Os dados coletados serão utilizados única e exclusivamente para a pesquisa, e nenhuma informação que identifique o participante será divulgada, conforme o [TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO](#).

Pedimos que responda ao questionário com atenção e sinceridade. Agradecemos antecipadamente sua participação nesta pesquisa. Em caso de dúvidas, entre em contato pelo e-mail: [glauberto1@gmail.com](mailto:glauberto1@gmail.com).

---

\* Indica uma pergunta obrigatória

1. E-mail \*

---

2. Formação acadêmica

*Marcar apenas uma oval.*

Matemática

Outro: \_\_\_\_\_

## QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE A POSTERIORI E VALIDAÇÃO

### Parte 1:

#### Percepção Geral sobre a Formação

(Marque seu grau de concordância para as afirmações abaixo)

3. **Questão 1:** Após a formação, meu interesse por **Robótica Educacional e Cultura Maker** aumentou. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

4. **Questão 2:** A formação apresentou **estratégias inovadoras para o ensino de geometria**. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

5. **Questão 3:** As ferramentas utilizadas (Arduino, Impressão 3D, Programação) foram adequadas para o desenvolvimento das atividades. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

6. **Questão 4:** Pretendo continuar estudando e aprofundando meus conhecimentos em **Robótica Educacional e Cultura Maker?** \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

## QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE A POSTERIORI E VALIDAÇÃO

**Parte 2:**

### Avaliação das Sequências Didáticas

(Marque seu grau de concordância para as afirmações abaixo)

7. **Questão 1:** As atividades propostas ajudaram a compreender melhor os conceitos matemáticos abordados (área, perímetro, ângulos, proporções). \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

8. **Questão 2:** A utilização do **Protótipo Móvel Autônomo** e da **impressão 3D** facilitou a compreensão dos conceitos geométricos. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

9. **Questão 3:** A abordagem baseada na **Cultura Maker** e no **Construcionismo** estimulou minha criatividade e autonomia. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

10. **Questão 4:** As sequências didáticas são viáveis para serem aplicadas em minha prática docente. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

11. **Questão 5:** O tempo destinado para cada atividade foi adequado. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

### **QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE A POSTERIORI E VALIDAÇÃO**

**Parte 3:**

#### **Impacto na Prática Pedagógica**

(Marque seu grau de concordância para as afirmações abaixo)

12. **Questão 1:** Sinto-me mais preparada(o) para integrar a **Robótica Educacional e \* a Fabricação Digital** ao ensino de matemática.

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

13. **Questão 2:** Pretendo aplicar ou adaptar as sequências didáticas em minhas aulas. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Não concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo total

14. **Questão 3:** Quais foram os principais desafios enfrentados durante a aplicação das sequências didáticas? \*

---

---

---

---

15. **Questão 4:** Quais foram os principais aprendizados que você adquiriu com esta formação? \*

---

---

---

---

16. **Questão 5:** O que poderia ser melhorado na formação e nas sequências didáticas para aprimorar sua experiência? \*

---

---

---

---

#### QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE A POSTERIORI E VALIDAÇÃO

##### Parte 4:

###### Avaliação do Professor Formador

17. **Questão 1:** O professor formador demonstrou entusiasmo ao conduzir a formação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

18. **Questão 2:** O professor formador facilitou a compreensão dos conteúdos apresentados. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

19. **Questão 3:** O professor formador incentivou a participação ativa dos professores durante a formação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

20. **Questão 4:** O professor formador esclareceu dúvidas de forma eficaz. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

21. **Questão 5:** O professor formador apresentou materiais adequados e organizados para a formação. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

22. **Questão 6:** O professor formador estimulou reflexões sobre a aplicação da Robótica Educacional e Cultura Maker na prática pedagógica. \*

*Marcar apenas uma oval.*

- Concordo totalmente
- Concordo
- Nem concordo nem discordo
- Discordo
- Discordo totalmente

#### QUESTIONÁRIO DE ANÁLISE A POSTERIORI E VALIDAÇÃO

**Parte 5:**

**Reflexão sobre Cultura Maker e Robótica no Ensino**

23. **Questão 1:** Como a **Cultura Maker** e a **Robótica Educacional** podem contribuir \* para o ensino de geometria?

---

---

---

---

24. **Questão 2:** Você acredita que as ferramentas utilizadas (Arduino, Impressão 3D, Programação) podem ser incorporadas em sua prática docente? Porque? \*

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

## APÊNDICE H – MATERIAL DE DIVULGAÇÃO DO CURSO



### Introdução à Cultura Maker e Robótica Educacional

26/04/2025 – 02/08/2025

Centro de Excelência em Políticas Educacionais - CEnPE - Fortaleza - Ceará - Brasil

[REALIZAR INSCRIÇÃO](#)

### Introdução à Cultura Maker e Robótica Educacional

[REALIZAR INSCRIÇÃO](#)



## 🎓 Curso de Formação: Introdução à Cultura Maker e Robótica Educacional Aplicada à Educação

A Universidade Federal do Ceará (UFC), por meio do **Centro de Excelência em Políticas Educacionais (CenPe)**, tem o prazer de oferecer o curso **"Introdução à Cultura Maker e Robótica Educacional Aplicada à Educação"**, destinado exclusivamente a **professores da Rede Pública de Ensino**.

### ✳️ Objetivo

Capacitar educadores para compreender e aplicar os princípios da **cultura maker** e da **robótica educacional** no contexto escolar, promovendo práticas pedagógicas inovadoras, criativas e colaborativas.

### 🔍 Metodologia

[REALIZAR INSCRIÇÃO](#)

O curso será desenvolvido com uma abordagem **teórico-prática**, incentivando a experimentação, a resolução de problemas e a construção de conhecimentos por meio de projetos interdisciplinares. Serão utilizados kits de robótica educacional, ferramentas digitais e materiais de baixo custo, alinhados com os princípios da educação maker.

#### 📍 Local

Centro de Excelência em Políticas Educacionais (CenPe)

**Universidade Federal do Ceará – UFC**

CEnPE – Centro de Excelência em Políticas Educacionais da Universidade Federal do Ceará

4o. Andar

Centro Integrado de Pesquisas Matemáticas e Computacionais (CIPEMAC)

Universidade Federal do Ceará

Av. Humberto Monte S/N

Próximo ao Departamento de Matemática e Computação da UFC

Dentro do Campus do Campus do Pici –

Bloco 918 – Centro de Ciências

CEP – 60440-554

#### 🕒 Turnos disponíveis

- Matutino

- Vespertino

*(Os participantes poderão escolher o turno de acordo com sua disponibilidade)*

#### 👥 Público-alvo

Professores da **Rede Pública de Ensino**, de todas as áreas do conhecimento, interessados em integrar práticas tecnológicas e colaborativas ao cotidiano escolar.

#### ⭐ Destaques do curso

- Integração entre teoria e prática 

- Atividades com kits de robótica e materiais maker 

- Certificação com carga horária compatível 

REALIZAR INSCRIÇÃO

-  Curso: Presencial, gratuito e com certificado
-  Local: UFC, Campus do Pici, Fortaleza/CE
-  Dia: Aos sábados
-  Datas: 10, 17, 24 e 31 de Maio de 2025
-  Horários:
-  Turma 1:  
Manhã (8 às 12h)
-  Turma 2:  
Tarde (13 às 17h)
-  4 sábados de encontros presenciais de 4h/a
-  Carga Horária: 16h/a

## Inscrições

### ESTUDANTE

Grátis  
até 31/12/2040

[REALIZAR INSCRIÇÃO](#)

[REALIZAR INSCRIÇÃO](#)

https://www.stay22.com/?  
m\_medium=even3&utm\_source=poweredby

▼ Stay22



Laboratório Digital  
Educacional

**Organizado por**  
Laboratório Digital Educacional

ENTRAR EM CONTATO

Termos e políticas (<https://legal.even3.com>) | Denunciar este evento (/evento/report?event=vBZGvtr69Mg=)

[REALIZAR INSCRIÇÃO](#)

## ANEXO A - CARTA DE APRECIAÇÃO DE PROJETO AO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA



A logomarca da UFC deve ser mantida somente nos documentos dos pesquisadores vinculados a esta instituição.

No caso de pesquisadores vinculados a outras instituições, que tiverem seu projeto encaminhado pela CONEP para a avaliação no CEP da UFC, essa logomarca deve ser substituída pela correspondente à sua instituição.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

### CARTA DE SOLICITAÇÃO DE APRECIAÇÃO DE PROJETO AO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – CEP/UFC/PROPESQ

Ao: Dr. Fernando Antônio Frota Bezerra  
Coordenador do CEP/UFC/PROPESQ

Em: 20/11/2024

Solicitamos a V.Sa. apreciação e análise, junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará-CEP/UFC/PROPESQ, do projeto intitulado **EXPLORANDO O POTENCIAL DA CULTURA MAKER E FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO DE GEOMETRIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES DO 9º ANO**

Os pesquisadores possuem inteira responsabilidade sobre os procedimentos para realização dessa pesquisa, bem como estão cientes e obedecerão aos preceitos éticos de pesquisa, pautados na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Atenciosamente,

  
Francisco Glauberto da Silva Abreu  
Pesquisador Principal

FRANCISCO HERBERT LIMA Assinado de forma digital por  
VASCONCELOS:876371973  
87 FRANCISCO HERBERT LIMA  
VASCONCELOS:87637197387  
Dados: 2024.11.21 08:23:40 -03'00'

Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos  
Orientador

## ANEXO B – DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA



A logomarca da UFC deve ser mantida somente nos documentos dos pesquisadores vinculados a esta instituição.

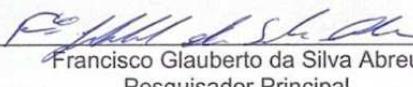
No caso de pesquisadores vinculados a outras instituições, que tiverem seu projeto encaminhado pela CONEP para a avaliação no CEP da UFC, essa logomarca deve ser substituída pela correspondente à sua instituição.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

### DECLARAÇÃO DE CONCORDÂNCIA

Declaramos, para os devidos fins, que concordamos em participar do projeto de pesquisa intitulado **EXPLORANDO O POTENCIAL DA CULTURA MAKER E FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO DE GEOMETRIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES DO 9º ANO** que tem como pesquisador principal, **Francisco Glauberto da Silva Abreu** e que desenvolveremos o projeto supracitado de acordo com preceitos éticos de pesquisa, pautados na Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Fortaleza, 20 de Novembro de 2024.

  
Francisco Glauberto da Silva Abreu  
Pesquisador Principal

FRANCISCO HERBERT LIMA Assinado de forma digital por  
VASCONCELOS:876371973 FRANCISCO HERBERT LIMA  
87 VASCONCELOS:87637197387  
Dados: 2024.11.21 08:24:14 -03'00'

Prof. Dr. Francisco Herbert Lima Vasconcelos  
Orientador

## ANEXO C – FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS



MINISTÉRIO DA SAÚDE - Conselho Nacional de Saúde - Comissão Nacional de Ética em Pesquisa – CONEP  
FOLHA DE ROSTO PARA PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS

1. Projeto de Pesquisa: EXPLORANDO O POTENCIAL DA CULTURA MAKER E FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO DE GEOMETRIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES DO 9º ANO			
2. Número de Participantes da Pesquisa: 20			
3. Área Temática:			
4. Área do Conhecimento: Grande Área 7. Ciências Humanas			
<b>PESQUISADOR</b>			
5. Nome: FRANCISCO GLAUBERTO DA SILVA ABREU			
6. CPF: 600.062.053-56	7. Endereço (Rua, n.º): SUCUPIRA 866/99998 GENIBAU FORTALEZA CEARÁ 60534212		
8. Nacionalidade: BRASILEIRO	9. Telefone: 85987130723	10. Outro Telefone:	11. Email: glauberto1@gmail.com

Termo de Compromisso: Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas complementares. Comprometo-me a utilizar os materiais e dados coletados exclusivamente para os fins previstos no protocolo e a publicar os resultados sejam eles favoráveis ou não. Aceito as responsabilidades pela condução científica do projeto acima. Tenho ciência que essa folha será anexada ao projeto devidamente assinada por todos os responsáveis e fará parte integrante da documentação do mesmo.

Data: 21 / 11 / 2024

Assinatura

<b>INSTITUIÇÃO PROPONENTE</b>			
12. Nome: UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ	13. CNPJ:	14. Unidade/Orgão: Instituto UFC Virtual	
15. Telefone: (85) 3366-9457	16. Outro Telefone:		

Termo de Compromisso (do responsável pela instituição): Declaro que conheço e cumprirei os requisitos da Resolução CNS 466/12 e suas Complementares e como esta instituição tem condições para o desenvolvimento deste projeto, autorizo sua execução.

Responsável: Ana Paula de Medeiros Ribeiro CPF: 393.545.983-15

Cargo/Função: Coordenador

Data: 21 / 11 / 2024

Assinatura

<b>PATROCINADOR PRINCIPAL</b>			
Não se aplica.			

## ANEXO D – AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL À REALIZAÇÃO DE PROJETO DE PESQUISA



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

A logomarca da UFC deve ser mantida somente nos documentos dos pesquisadores vinculados a esta instituição.

No caso de pesquisadores vinculados a outras instituições, que tiverem seu projeto encaminhado pela CONEP para a avaliação no CEP da UFC, essa logomarca deve ser substituída pela correspondente à sua instituição.

### AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL À REALIZAÇÃO DE PROJETO DE PESQUISA

Declaro, para fins de comprovação junto ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal do Ceará-CEP/UFC/PROPESQ, que o Centro de Excelência em Políticas Educacionais da Universidade Federal do Ceará – UFC, contém toda infraestrutura necessária em suas instalações para realização da pesquisa intitulada **EXPLORANDO O POTENCIAL DA CULTURA MAKER E FABRICAÇÃO DIGITAL NO ENSINO DE GEOMETRIA: UM ESTUDO COM PROFESSORES DO 9º ANO** a ser realizada pelo pesquisador **Francisco Glauberto da Silva Abreu**.

Fortaleza, 20 de Novembro de 2024.

Documento assinado digitalmente  
 JORGE HERBERT SOARES DE LIRA  
 Data: 27/11/2024 10:19:40-0300  
 Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Jorge Herbert Soares de Lira  
 Coordenador do Centro de Excelência em Políticas Educacionais