



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE *CAMPUS* FORTALEZA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
MESTRADO ACADÊMICO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

WEFITON SOUSA ROCHA

**A ABORDAGEM STEAM SOB A PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL NOS ESTUDOS DE
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NO ENSINO
MÉDIO TÉCNICO**

FORTALEZA

2026

WEFITON SOUSA ROCHA

A ABORDAGEM STEAM SOB A PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL NOS ESTUDOS DE
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NO ENSINO
MÉDIO TÉCNICO

Projeto de dissertação apresentado ao curso
Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e
Matemática do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) -
Campus Fortaleza, como requisito parcial para
obtenção do Título de Mestre. Área de
concentração: Física.

Orientador: Prof. Dr. Mairton Cavalcante
Romeu.

Coorientador: Prof. Dr. Antônio Nunes de
Oliveira.

FORTALEZA

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI

Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

-
- R672a Rocha, Wefiton Sousa.
 A ABORDAGEM STEAM SOB A PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL NOS ESTUDOS DE
 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NO ENSINO
 MÉDIO TÉCNICO / Wefiton Sousa Rocha. - 2026.
 164 f. : il. color.
- Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e
 Matemática, Campus Fortaleza, 2026.
 Orientação: Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu. Coorientação: Prof. Dr. Antonio Nunes de
 Oliveira.
1. STEAM. 2. ABP. 3. aprendizagem significativa. 4. indução eletromagnética. 5. ensino de
 física. I. Título.

CDD 510.07

WEFITON SOUSA ROCHA

A ABORDAGEM STEAM SOB A PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL NOS ESTUDOS DE
INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NO ENSINO
MÉDIO TÉCNICO

Projeto de dissertação apresentado ao curso
Mestrado Acadêmico em Ensino de Ciências e
Matemática do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) -
Campus Fortaleza, como requisito parcial para
obtenção do Título de Mestre. Área de
concentração: Física.

Aprovado (a) em: ____ / ____ / ____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu (Orientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Fortaleza

Prof. Dr. Antônio Nunes de Oliveira (Coorientador)
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Cedro

Prof. Dra. Maria Cleide da Silva Barroso
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Fortaleza

Prof. Dr. Solonildo Almeida da Silva
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – *Campus* Canindé

Prof. Dra. Luciana Angélica da Silva Nunes
Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA)

Profa. Dra. Juscileide Braga de Castro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais.

Aos mestres.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à Deus por me conceder a força necessária para alcançar os meus objetivos e por sempre está comigo.

Aos meus pais, Flavio e Cristiane, e a minha irmã Flaviane, por todo empenho, amor, dedicação e companheirismo, por estarem ao meu lado e compartilharem dos meus sonhos.

Ao Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu, pela orientação dada, pelos valiosos ensinamentos transmitidos e por ser uma inspiração para mim.

Ao Prof. Dr. Antônio Nunes de Oliveira, pela coorientação, pelos apontamentos que desenvolveram esse trabalho.

Ao Prof. Dr. Valberto Feitosa, pela disponibilidade e pela orientação no tratamento dos dados.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECEM) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE), todos os quais compartilharam momentos de conhecimento e instigação à minha formação acadêmica.

À Andreza Lopes, por todo apoio, cumplicidade e incentivo para conquistar os meus sonhos.

Ao meu amigo Rodrigo, por esses anos ter me proporcionado uma amizade descontraída e me apoiado em momentos desafiadores.

Aos meus amigos de outros projetos, Samuel Chaves, Paulo André e Luiz Henrique, pela parceria e pelo apoio inestimável ao longo desta jornada acadêmica.

Aos amigos e colegas de estudo, em especial aos que me acompanharam durante o mestrado, que vivenciaram comigo os desafios e me ajudaram a vencê-los, agradeço o carinho, o apoio, o acolhimento, a paciência, os conselhos, os ensinamentos, as palavras motivadoras.

Ao IFCE, por todos esses anos que eu tive o prazer de usufruir da instituição para a minha formação pessoal e profissional.

Aos professores, que muito contribuíram com minha formação acadêmica, agradeço os ensinamentos, as orientações, as lições de vida, os risos, a atenção. Vocês são verdadeiros mestres.

“Certamente, a motivação não é algo que está ou não nos alunos, mas o resultado das ofertas de ação e reflexão, do valor dado àquilo a que eles se entregarão, bem como da interação social, da comunidade de aprendizagem que se instituirá.” (Pires, 2020, p. 63).

RESUMO

O avanço da tecnologia tem sido cada vez mais integrado às escolas como um recurso educacional. No ensino de Física, tornar as aulas mais atrativas e incentivar a participação dos alunos ainda é um desafio. Uma forma de enfrentar esse desafio, pode ser por meio da abordagem STEAM (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), associada à metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). Essa combinação pode favorecer a investigação, a experimentação e o trabalho colaborativo, valorizando o conhecimento prévio e a autonomia dos estudantes. O uso de fontes de energia renováveis tem crescido no Brasil e no mundo, sendo a indução eletromagnética um dos principais fenômenos físicos envolvidos na geração de energia. Essas fontes, em geral, emitem poucos gases de efeito estufa, embora possam causar impactos socioambientais. Diante desse contexto, este estudo teve como objetivo analisar as contribuições da abordagem STEAM para o ensino de indução eletromagnética aplicada às fontes de energia renováveis nas aulas de Física. A pesquisa adotou uma abordagem quanti-qualitativa, de caráter descritivo e aplicado, utilizando a pesquisa de intervenção como estratégia metodológica. O estudo foi organizado em quatro fases: diagnóstico, desenvolvimento, etapas STEAM (investigar, descobrir, conectar, criar e refletir) e avaliação. Participaram da pesquisa estudantes do Ensino Médio Técnico do Instituto Federal do Ceará (IFCE), *campus* Fortaleza: 19 do curso de Mecânica e 17 do curso de Química. As duas turmas receberam a intervenção pedagógica e tiveram seus dados analisados separadamente, por meio de análise intragrupos. As atividades foram desenvolvidas ao longo de 7 horas-aula e incluíram aulas teóricas, uso de simuladores e práticas experimentais. A coleta de dados foi realizada por meio de questionários, rubricas e atividades práticas, sendo os resultados analisados com base na análise de conteúdo, na estatística descritiva e inferencial. Para avaliar os efeitos da intervenção, compararam-se os resultados do pré-teste e do pós-teste intragrupos, aplicando-se os testes de normalidade de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors e Shapiro-Wilk, além do teste t de Student para amostras pareadas. Os resultados evidenciaram maior homogeneidade no desempenho, impacto positivo e estatisticamente significativo na aprendizagem dos alunos após a intervenção. Espera-se que esta pesquisa contribua para futuros estudos, promovendo o desenvolvimento da criatividade, da colaboração e da autonomia dos alunos, bem como fortalecendo o papel do ensino de Física na formação acadêmica e social.

Palavras-chave: STEAM; ABP; aprendizagem significativa; indução eletromagnética; ensino de física.

ABSTRACT

The advancement of technology has been increasingly integrated into schools as an educational resource. In physics education, making classes more engaging and encouraging student participation remains a challenge. One way to address this challenge is through the STEAM approach (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), combined with the Project-Based Learning (PBL) methodology. This combination can promote investigation, experimentation, and collaborative work, valuing students' prior knowledge and autonomy. The use of renewable energy sources has grown in Brazil and worldwide, with electromagnetic induction being one of the main physical phenomena involved in energy generation. These sources generally emit few greenhouse gases, although they can cause socio-environmental impacts. In this context, this study aimed to analyze the contributions of the STEAM approach to teaching electromagnetic induction applied to renewable energy sources in physics classes. This research adopted a quantitative-qualitative approach, descriptive and applied in nature, using intervention research as a methodological strategy. The study was organized into four phases: diagnosis, development, STEAM steps (investigate, discover, connect, create, and reflect), and evaluation. Participants were high school students from the technical program at the Federal Institute of Ceará (IFCE), Fortaleza *campus*: 19 from the Mechanics course and 17 from the Chemistry course. Both classes received the pedagogical intervention, and their data were analyzed separately through intragroup analysis. The activities were developed over 7 class hours and included theoretical lessons, the use of simulators, and experimental practices. Data collection was carried out through questionnaires, rubrics, and practical activities, with the results analyzed based on content analysis, descriptive statistics, and inferential statistics. To evaluate the effects of the intervention, the results of the pre-test and post-test within groups were compared, applying the Kolmogorov-Smirnov normality test with Lilliefors correction and the Shapiro-Wilk test, in addition to the Student's t-test for paired samples. The results showed greater homogeneity in performance, a positive and statistically significant impact on student learning after the intervention. It is expected that this research will contribute to future studies, promoting the development of creativity, collaboration, and autonomy among students, as well as strengthening the role of physics education in academic and social development.

Keywords: STEAM; ABP; meaningful learning; electromagnetic induction; physics teaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 — Características essenciais da aprendizagem baseada em projetos.....	25
Figura 2 — Processo de assimilação e retenção.....	28
Figura 3 — Visão esquemática do contínuo aprendizagem mecânica-aprendizagem significativa.....	29
Figura 4 — Um hipotético sistema de coordenadas de aprendizagens e exemplos.....	30
Figura 5 — Diagrama indicando os conceitos, diferenciação progressiva e reconciliação...	31
Figura 6 — Comparação entre fontes de energia renováveis e não renováveis.....	32
Figura 7 — Comportamento do contato entre ímãs.....	36
Figura 8 — Âncora da intervenção.....	67
Figura 9 — Aula expositiva e manuseio do ímã.....	68
Figura 10 — Aula expositiva e demonstrativa da bússola.....	68
Figura 11 — Aula expositiva e simulação.....	69
Figura 12 — Elaboração dos grupos e etapas iniciais da investigação	86
Figura 13 — Representação do artefato. (a) <i>Gato elétrico</i> ; (b) <i>Os little Einstein</i> ; (c) <i>Nikola Tesla</i> ; e (d) <i>Eletrôdo</i>	88
Figura 14 — Elaboração do artefato e a realização da investigação.....	88
Figura 15 — Elaboração dos grupos e etapas iniciais da investigação.....	93
Figura 16 — Representação do artefato. (a) <i>Os antagonistas</i> ; (b) <i>Meus amores</i> ; e (c) <i>Os protagonistas e cia</i>	95
Figura 17 — Elaboração do artefato e a realização da investigação.....	95

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	— Quantidade de artigos <i>versus</i> Período (ano)	45
Gráfico 2	— Quantidade de artigos por país.....	45
Gráfico 3	— Quantidade de artigos por língua.....	46
Gráfico 4	— Desempenho do pré-teste da turma de Mecânica.....	83
Gráfico 5	— Desempenho do pré-teste da turma de Química.....	84
Gráfico 6	— Critérios e desempenho das equipes da turma de Mecânica na avaliação.....	90
Gráfico 7	— Ranking Médio dos resultados das equipes na avaliação.....	91
Gráfico 8	— Critérios e concordância dos alunos da turma de Mecânica na autoavaliação.....	91
Gráfico 9	— Ranking Médio dos resultados das equipes na autoavaliação.....	92
Gráfico 10	— Critérios e desempenho das equipes da turma de Química na avaliação	97
Gráfico 11	— Ranking Médio dos resultados das equipes na avaliação.....	98
Gráfico 12	— Critérios e concordância dos alunos da turma de Mecânica na autoavaliação.....	99
Gráfico 13	— Ranking Médio dos resultados das equipes na autoavaliação.....	99
Gráfico 14	— Desempenho do pós-teste da turma de Mecânica.....	103
Gráfico 15	— Desempenho do pós-teste da turma de Química.....	104
Gráfico 16	— Desempenho do pré-teste e pós-teste da turma de Mecânica.....	106
Gráfico 17	— <i>Bloxpote</i> do desempenho da turma de Mecânica do pré-teste e pós-teste.....	107
Gráfico 18	— Distribuição dos dados de desempenho da turma de Mecânica: (a) pré- teste; (b) pós-teste.....	108
Gráfico 19	— Desempenho do pré-teste e pós-teste da turma de Química.....	110
Gráfico 20	— <i>Bloxpote</i> do desempenho da turma de Química do pré-teste e pós-teste.....	111
Gráfico 21	— Distribuição dos dados de desempenho da turma de Química: (a) pré-teste; (b) pós-teste.....	112
Gráfico 22	— Ranking Médio das questões objetivas da turma de Mecânica.....	114
Gráfico 23	— Ranking Médio das questões objetivas da turma de Química.....	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	— Critérios de inclusão e exclusão.....	41
Quadro 2	— Modelagem da base de dados.....	42
Quadro 3	— Relação da quantidade de artigos por base de dados.....	42
Quadro 4	— Relação da quantidade de artigos filtrados por base de dados.....	43
Quadro 5	— Relação dos artigos.....	43
Quadro 6	— Relação da quantidade de artigos selecionados por base de dados.....	46
Quadro 7	— Relação da área, identificação e número de artigos.....	47
Quadro 8	— Relação dos autores, área, identificação e número de artigos com dois ou mais artigos.....	52
Quadro 9	— Fases de atividades da intervenção.....	60
Quadro 10	— Categorização dos assuntos do pré-teste e pós-teste.....	63
Quadro 11	— Atividade prática de investigação.....	64
Quadro 12	— Rubrica de avaliação.....	65
Quadro 13	— Rubrica de autoavaliação.....	65
Quadro 14	— Cronograma de atividades da intervenção.....	66
Quadro 15	— Categorização do nível de desempenho pela média das turmas.....	70
Quadro 16	— Categorização social dos sujeitos da pesquisa da turma de Mecânica.....	73
Quadro 17	— Categorização social dos sujeitos da pesquisa da turma de Química.....	74
Quadro 18	— O uso de metáforas, analogias ou exemplos do cotidiano da turma de Mecânica.....	75
Quadro 19	— O uso de metáforas, analogias ou exemplos do cotidiano da turma de Química.....	76
Quadro 20	— Realização de experimentos ou simulações da turma de Mecânica.....	77
Quadro 21	— Realização de experimentos ou simulações da turma de Química.....	78
Quadro 22	— Interdisciplinaridade da turma de Mecânica.....	79
Quadro 23	— Interdisciplinaridade da turma de Química.....	79
Quadro 24	— Descrição do pré-teste das turmas de Mecânica e Química.....	80
Quadro 25	— Pergunta e hipótese de pesquisa dos grupos da turma de Mecânica.....	86
Quadro 26	— Materiais e procedimentos dos grupos da turma de Mecânica.....	87
Quadro 27	— Resultados e conclusões dos grupos da turma de Mecânica.....	89
Quadro 28	— Critérios e desempenho das equipes da turma de Mecânica.....	89

Quadro 29	— Pergunta e hipótese de pesquisa dos grupos da turma de Química.....	93
Quadro 30	— Materiais e procedimentos dos grupos da turma de Química.....	94
Quadro 31	— Resultados e conclusões dos grupos da turma de Química.....	96
Quadro 32	— Critérios e desempenho das equipes da turma de Química.....	96
Quadro 33	— Descrição do pós-teste das turmas de Mecânica e Química.....	100
Quadro 34	— Classificação das questões do questionário de satisfação.....	114
Quadro 35	— Uso de energia no dia a dia da turma de Mecânica.....	115
Quadro 36	— Destaque das aulas da turma de Mecânica.....	116
Quadro 37	— Comentários da turma de Mecânica.....	116
Quadro 38	— Uso de energia no dia a dia da turma de Química.....	118
Quadro 39	— Destaque das aulas da turma de Química.....	119
Quadro 40	— Comentários da turma de Química.....	120
Quadro 41	— Percepções do professor regente das turmas sobre a aprendizagem dos discentes.....	120
Quadro 42	— Percepções do professor regente das turmas sobre a intervenção.....	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	— Resultados do pré-teste da Turma de Mecânica.....	84
Tabela 2	— Resultados do pré-teste da Turma de Química.....	84
Tabela 3	— Resultados do pós-teste da turma de Mecânica.....	103
Tabela 4	— Resultados do pós-teste da turma de Química.....	104
Tabela 5	— Resultados do pré-teste e pós-teste da turma de Mecânica.....	106
Tabela 6	— Resultados do <i>bloxspot</i> da turma de Mecânica.....	108
Tabela 7	— Teste de normalidade da turma de Mecânica.....	109
Tabela 8	— Teste t de Student da turma de Mecânica.....	109
Tabela 9	— Resultados do pré-teste e pós-teste da turma de Química.....	110
Tabela 10	— Resultados do <i>bloxspot</i> da turma de Química.....	112
Tabela 11	— Teste de normalidade da turma de Química.....	113
Tabela 12	— Teste t de Student da turma de Química.....	113

LISTA DE SIGLAS

ABP	Aprendizagem Baseada em Projetos
BNCC	Base Nacional Comum Curricular
DIY	<i>Do it yourself</i>
IFCE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
Inep	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
MMM	Movimento de Matemática Moderna
NSF	<i>Nacional Science Foundation</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Estudantes
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
STEM	Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática
STEAM	Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
TIMSS	Estudo Internacional de Tendências em Matemática e Ciências

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	19
2	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	23
2.1	Abordagem STEAM.....	23
2.2	Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP).....	24
2.3	A integração entre STEAM e ABP.....	26
2.4	Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS).....	27
2.5	Fontes de energia renováveis.....	31
2.5.1	<i>Visão nacional.....</i>	32
2.6	Princípio da conservação da energia.....	34
2.7	Eletromagnetismo.....	36
2.7.1	<i>Campo magnético.....</i>	36
2.7.2	<i>Indução eletromagnética.....</i>	37
2.7.2.1	<i>Espiras.....</i>	37
2.7.2.2	<i>Motor elétrico.....</i>	38
2.7.2.3	<i>Gerador elétrico.....</i>	40
3	REVISÃO DE LITERATURA.....	41
3.1	Descrição da RL.....	41
3.2	Discussão dos artigos selecionados.....	46
4	METODOLOGIA.....	59
4.1	Caracterização da pesquisa.....	59
4.2	Descrição do local de estudo e participantes da pesquisa.....	59
4.3	Procedimento da pesquisa.....	60
4.4	Instrumentos de coleta de dados.....	62
4.5	Atividades desenvolvidas.....	65
4.6	Procedimento de análise de dados.....	70
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
5.1	Caracterização dos sujeitos da pesquisa.....	73
5.2	Descrição do pré-teste.....	80
5.3	Análise do desempenho do pré-teste.....	83
5.3.1	<i>Análise do desempenho do pré-teste da turma de Mecânica.....</i>	83

5.3.2	<i>Análise do desempenho do pré-teste da turma de Química</i>	84
5.4	Descrição da atividade prática	85
5.4.1	<i>Atividade de investigação na turma de Mecânica</i>	85
5.4.1.1	<i>Análise da rubrica avaliativa</i>	89
5.4.1.2	<i>Análise da rubrica autoavaliativa</i>	91
5.4.2	<i>Atividade de investigação na turma de Química</i>	93
5.4.2.1	<i>Análise da rubrica avaliativa</i>	96
5.4.2.2	<i>Análise da rubrica autoavaliativa</i>	98
5.5	Descrição do pós-teste	100
5.6	Análise do desempenho do pós-teste	103
5.6.1	<i>Análise do desempenho do pós-teste da turma de Mecânica</i>	103
5.6.2	<i>Análise do desempenho do pós-teste da turma de Química</i>	104
5.7	Análise comparativa do desempenho entre o pré-teste e o pós-teste	105
5.7.1	<i>Análise do desempenho do pré-teste e pós-teste da turma de Mecânica</i>	106
5.7.1.1	<i>Análise estatística descritiva da turma de Mecânica</i>	106
5.7.1.2	<i>Análise estatística inferencial da turma de Mecânica</i>	109
5.7.2	<i>Análise do desempenho do pré-teste e pós-teste da turma de Química</i>	110
5.7.2.1	<i>Análise estatística descritiva da turma de Química</i>	110
5.7.2.2	<i>Análise estatística inferencial da turma de Química</i>	112
5.8	Questionário de satisfação	113
5.8.1	<i>Questionário de satisfação da turma de Mecânica</i>	114
5.8.2	<i>Questionário de satisfação da turma de Química</i>	117
5.9	Percepções do professor regente das turmas	121
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
	REFERÊNCIAS	126
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE DE CONHECIMENTO	136
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE DE CONHECIMENTO	139
	APÊNDICE C – QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO	142
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO DO PROFESSOR REGENTE DAS TURMAS SOBRE AS ATIVIDADES E APRENDIZAGENS DOS ESTUDANTES	144
	APÊNDICE E – PONTUAÇÃO DOS ALUNOS NO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE DAS TURMAS DE MECÂNICA E QUÍMICA	145

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO PELO CEP.....	146
ANEXO B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO(A) ESTUDANTE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA.....	153
ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO(A) RESPONSÁVEL PELO(A) ESTUDANTE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA.....	157
ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO(A) PROFESSOR(A) REGENTE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA.....	161

1 INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico contemporâneo exige que os professores busquem formações continuadas para incorporar ferramentas e equipamentos digitais em suas aulas. Embora o ensino tradicional tenha seu valor na transmissão de conteúdo, os alunos estão imersos em redes sociais e na conexão constante com a Internet. Assim, se torna necessário o docente adapte suas estratégias didáticas para integrar esses novos instrumentos, fundamentais para o desenvolvimento social. A tecnologia, além de dinamizar o aprendizado, permite um ensino mais conectado à realidade e às vivências dos estudantes, tornando o processo educativo mais relevante e eficaz, um facilitador da aprendizagem (Silva; Nicodem, 2022; Cabral, 2022; Quirina Neto, 2022; Rocha *et al.*, 2024).

A disciplina de física costuma ser frequentemente associada à memorização de fórmulas, à resolução mecânica de exercícios ou a disciplina de matemática, o que pode gerar dificuldades de aprendizado e baixo rendimento escolar, que também pode estar associado a fatores específicos, como falta de interesse e concentração dos alunos. No entanto, como ciência, a física exige experimentação e comprovação prática em laboratório, o que valida ou refuta teorias. Por isso, as aulas de física não podem ser apenas expositivas, limitando-se à lousa ou aos livros didáticos, elas devem relacionar a teoria às suas aplicações práticas, propiciando o desenvolvimento crítico e reflexivo (Sfredo; Borges; Alves, 2021; Moraes; Araújo, 2012).

Na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) enfatiza a crescente relevância de questões como desmatamento, seca e poluição na sociedade moderna. Portanto, é importante que disciplinas como Física, Química e Biologia abordem esses temas de forma contextualizada, integrando o meio ambiente e relações sociais. Dessa forma, os estudantes podem ampliar seus conhecimentos por meio de práticas investigativas (Brasil, 2018). A inserção de perspectivas socioambientais, oferece uma abordagem rica para explorar essas interconexões de maneira prática que estão no cotidiano desses alunos.

Desse modo, a transição energética para fontes renováveis é um tema central no cenário global atual. No Brasil, com sua ampla diversidade de fontes de energia renováveis, como a hidrelétrica, oceânica, biomassa, solar e eólica, por exemplo, é essencial que os estudantes compreendam não apenas os aspectos físicos e técnicos dessas fontes, mas também as implicações sociais e ambientais envolvidas, na substituição de combustíveis fósseis (Cabral, 2022). No Ceará, o uso de energia eólica e solar tem crescido significativamente nos últimos anos, impulsionando impactos positivos no desenvolvimento socioeconômico, tecnológico e

industrial. Esse avanço favorece a consolidação do estado como referência em energias renováveis no Brasil, além de contribuir para o aumento do PIB estadual (Cruz, 2024; Torquito, 2024).

Para contribuir com a integração dos alunos no contexto científico, tecnológico e social, a abordagem STEAM e a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) alinhadas, podem expor os estudantes a questões reais, promovendo o desenvolvimento de uma aprendizagem significativa (Cabral, 2022). A escolha dessa abordagem e metodologia foi motivada pela interdisciplinaridade que elas podem proporcionar ao ensino de Física, incentivando a colaboração e a investigação ativa dos alunos na construção do conhecimento, além da produção de artefatos que podem oferecer uma interação mais prática.

O desenvolvimento da abordagem STEAM no Brasil tem sido impulsionado por um esforço conjunto de empresas de tecnologia educacional, Organizações Não Governamentais (ONGs), e instituições de ensino públicas e privadas. Esse movimento, fortemente inspirado no modelo educacional dos Estados Unidos, mas também traz características brasileiras, visa capacitar estudantes em áreas estratégicas, preparando-os para as demandas do mercado de trabalho e para a inovação tecnológica (Rocha *et al.*, 2025).

Nesse contexto, em uma busca pela Internet, é possível encontrar diversas iniciativas que têm se destacado. A Liga STEAM, por exemplo, é uma colaboração entre a Fundação ArcelorMittal, a Fundação Banco do Brasil, a Tríade Educacional e a AVSI Brasil, que busca fomentar o ensino STEAM em escolas públicas (Maciano *et al.*, 2024). Outra iniciativa relevante é o E-book Espaço STEAM na Escola, promovido pela *Fundação Siemens Stiftung* em parceria com o Laboratório de Sistemas Integráveis Tecnológico (LSI-TEC) e com apoio da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP), oferecendo suporte técnico e pedagógico para a implementação da abordagem STEAM (Santos; Onisaki, 2023).

Destaque para o FIRST® LEGO® *League Challenge*, operado pela rede de escolas do Serviço Social da Indústria (SESI), que utiliza a abordagem STEAM para desenvolver habilidades tecnológicas e de resolução de problemas, incentivando os alunos a elaborar e apresentar projetos de robótica (Alvarez, 2020). Além disso, a Feira Brasileira de Ciências e Engenharia (Febrace) se destaca por fomentar a produção de projetos científicos por estudantes da educação básica, incentivando a inovação e o pensamento crítico.

Como também, o Programa Mais Ciência na Escola, uma parceria entre o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o Ministério da Educação (MEC), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), e a Coordenação de

Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), visa fortalecer a Educação científica por meio de projetos interdisciplinares (Brasil, 2025).

Essas iniciativas podem favorecer a integração da abordagem STEAM no currículo escolar, promovendo um ensino investigativo que busca desenvolver competências essenciais para o século XXI. Ao capacitar tanto professores quanto estudantes, especialmente nas redes públicas, esses esforços visam proporcionar uma educação adaptada às demandas contemporâneas. Além de reforçar o domínio de conhecimentos científicos e tecnológicos, essas ações estimulam o pensamento crítico e criativo, essenciais para a formação de cidadãos capazes de enfrentar desafios complexos e contribuir para o desenvolvimento sustentável e socialmente responsável.

Com base nisso, este estudo empregou um artefato que contextualiza e integra as áreas STEAM, permitindo aos alunos explorarem e aprenderem construindo um artefato com materiais acessíveis e de baixo custo, incluindo componentes elétricos e eletrônicos. A utilização de componentes elétricos e eletrônicos podem facilitar o contato com tecnologias atuais, enquanto a contextualização socioambiental permite que os estudantes compreendam e analisem ações e desafios relevantes em seu cotidiano, conectando o conteúdo científico aos contextos social e escolar (Moraes, Araújo, 2012).

Essa atividade teve como intenção, demonstrar, através de um modelo simplificado de experimento, a conversão de energia e proporcionar aos discentes a reflexão sobre as perspectivas socioambientais do Brasil e do Ceará, e os conceitos físicos envolvidos no funcionamento do artefato durante o processo de geração de energia elétrica através da transformação de outras modalidades de energia. Foram apresentadas para as turmas, simulações e textos, que serviram como âncoras, contribuindo para a compreensão e incentivando a participação dos alunos no Curso de Indução Eletromagnética em Fontes de Energias Renováveis, além da questão motriz: “Quais fenômenos físicos estão envolvidos na geração de energia?”.

A pesquisa possui um enfoque quanti-qualitativo, sendo uma pesquisa de intervenção, estruturada em quatro fases: diagnóstico, desenvolvimento, etapas STEAM (investigar, descobrir, conectar, criar e refletir) e avaliação. Essas fases estão alinhadas com a ABP, integradas à abordagem STEAM, e enfocam a perspectiva socioambiental das fontes de energia.

Nesse contexto, a dissertação delimita-se pela seguinte questão de pesquisa: quais são as possíveis contribuições da abordagem STEAM e da metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos para a superação dos desafios no ensino de Física e para a melhoria da aprendizagem dos estudantes? Diante do exposto, a hipótese é: a integração da abordagem

STEAM e da ABP contribui para promover uma aprendizagem significativa e uma compreensão aprofundada dos conceitos físicos envolvidos através da elaboração de artefato e prática experimental. Com base nisso, o objetivo geral é: analisar as contribuições da abordagem STEAM e da ABP na aprendizagem e compreensão dos estudantes do Ensino Médio técnico, com ênfase na contextualização socioambiental da transformação de energia por meio da indução eletromagnética e o uso de energias renováveis.

Definiram-se os objetivos específicos:

- a) Descrever as percepções prévias e adquiridas dos alunos sobre a indução eletromagnética, com ênfase em sua aplicação na produção de energia elétrica.
- b) Verificar por meio da coleta de dados do pré-teste e pós-teste a evolução dos alunos intragrupos.

A pesquisa está organizada estruturalmente em cinco capítulos além da introdução: Capítulo 2, expõe o embasamento teórico, que sustenta a pesquisa. Capítulo 3, apresenta a revisão de literatura sobre a aplicação da abordagem STEAM e da metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos no Ensino Médio. Capítulo 4, denotam-se os percursos metodológicos para a execução dessa pesquisa, instrumentos de coleta de dados, atividades desenvolvidas e procedimento de análise de dados. Capítulo 5, exhibe os resultados e discussão. Capítulo 6, mostra as considerações finais da pesquisa. Por fim, apresenta-se as referências utilizadas no trabalho, apêndices e anexo essenciais para a realização da pesquisa.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Nesta seção, serão apresentados a abordagem STEAM, a ABP, a Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), as Fontes de Energia Renováveis, o Princípio da Conservação da Energia e a Indução Eletromagnética, com o objetivo de contextualizar o desenvolvimento deste trabalho.

2.1 Abordagem STEAM

Com a criação do Movimento de Matemática Moderna (MMM) na década 1960 nos EUA, com o objetivo de estimular mais profissionais em ciências exatas, por conta do desenrolar da Guerra Fria e a busca por desenvolvimento militar, gerou-se lacunas em áreas científicas e tecnológicas (Maia *et al.*, 2024). Portanto, a abordagem STEAM, que inclui Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, teve suas origens no termo SMET (Ciência, Matemática, Engenharia e Tecnologia), utilizado pela *National Science Foundation* (NSF) nos EUA em 1990, cerca de três décadas depois do MMM, com o propósito de instigar os jovens, motivar e produzir mais mão de obra. Em 2001, Judith Ramaley, então diretora da NSF, reformulou o termo para STEM, que se disseminou internacionalmente (Sanders, 2009). A inclusão das artes (transformando STEM em STEAM) visou ampliar os aspectos criativos, design e integradores das artes, promovendo uma educação mais holística.

A abordagem STEAM surge como uma proposta inovadora, visando romper com o tradicionalismo e com métodos de ensino passivos, nos quais os alunos têm pouca interação com o objeto de estudo e dificuldade em conectá-lo ao mundo real. Sanders (2009) apresenta o conceito de “*purposeful design and inquiry* (PD&I)”, que se refere ao projeto e à investigação orientados, utilizando a ABP na resolução de problemas tecnológicos. No entanto, o autor destaca a escassa aplicação dessa estratégia em laboratórios de ciências e de educação tecnológica, apesar de os problemas do cotidiano oferecerem diversas oportunidades para tal exploração.

Nunes, Fraiha e Perez (2023, p. 111) afirmam que

[...] é possível obter resultados positivos no aprendizado de um sujeito por se assemelhar a problemas reais e trazer a tecnologia e inovação para a sala de aula, explorando as habilidades de cada estudante e aprimorar também o senso crítico perante informações. Este processo requer 5 etapas básicas: 1) Investigar; 2) Descobrir; 3) Conectar; 4) Criar; 5) Refletir.

As cinco etapas atuam como um apoio essencial ao professor, pois possibilitam o acompanhamento contínuo do progresso dos alunos, ao mesmo tempo em que incentivam a exploração criativa e contribuem para o aperfeiçoamento tanto do projeto quanto do processo de aprendizagem. Nesse sentido, o STEAM pode promover o ensino investigativo e a interdisciplinaridade na elaboração e no desenvolvimento das atividades, estimulando uma participação mais ativa, crítica e reflexiva dos estudantes.

Cabe destacar que o STEAM não se configura como uma metodologia, mas como uma abordagem pedagógica que pode ser articulada a metodologias ativas voltadas à investigação e às práticas criativas (Maia *et al.*, 2024). Por meio de experiências que favorecem aprendizagens significativas e acolhedoras, essa abordagem pode aumentar a motivação dos alunos e promover o desenvolvimento de habilidades como pensamento crítico, comunicação, colaboração e criatividade (Ridwan *et al.*, 2020). Quando aplicada no contexto escolar, permite que os estudantes investiguem, resolvam problemas, criem, testem e aprimorem soluções, favorecendo a autonomia ao longo dos projetos e a aprendizagem baseada na experimentação, inclusive a partir dos erros, preparando-os para os desafios e transformações do século atual (Appelt, 2022).

Dessa forma, o STEAM pode ser implementado na educação básica a partir de temas relacionados ao cotidiano dos alunos e da escola, possibilitando que investiguem situações-problema, realizem análises, planejem ações e proponham soluções de maneira contextualizada (Maia; Carvalho; Appelt, 2021).

2.2 Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP)

A ABP surgiu no final da década de 1960 na Escola de Medicina da Universidade McMaster, em Ontário, Canadá, idealizada por um grupo de professores. Inicialmente, foi aplicada na formação de profissionais da área médica, com o objetivo de expor os estudantes a problemas reais antes da conclusão do curso (Souza; Dourado, 2015).

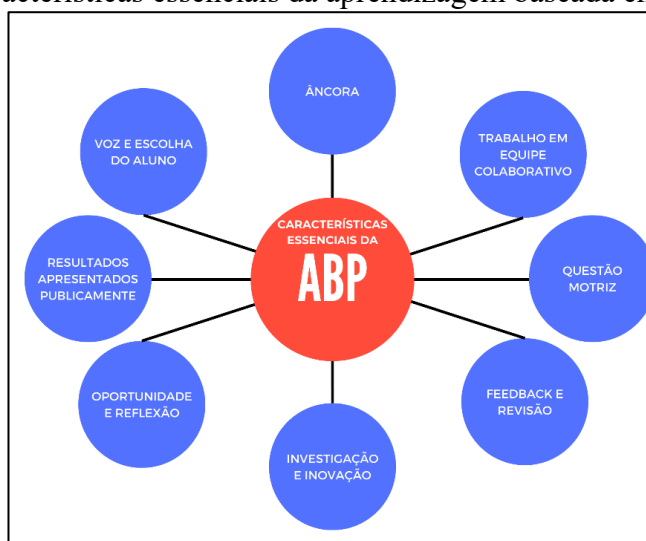
A sua perspectiva sobre o conhecimento é de forma não absoluta, alinhando-se às teorias construtivistas, que promovem ao aluno o reconhecimento por sua função no desenvolvimento de competências e habilidades, o que leva à construção de novos conhecimentos, sendo as concepções prévias e a contextualização social considerados elementos importantes no processo de aprendizagem (Pires, 2020).

Isso facilita o aprofundamento e a integração de novos conceitos. Além disso, para que esse processo seja eficaz, é fundamental seguir etapas essenciais, como a criação de um cenário

problemático, a formulação de questões, a resolução dos problemas e, por fim, a apresentação dos resultados, seguida de uma autoavaliação (Masson *et al.*, 2012).

Bender (2014) destaca certas características (Figura 1) que são comumente presentes na maioria dos projetos de ABP. Embora não representem uma receita ou etapas fixas no processo de ensino, essas características podem servir como um guia para apoiar a elaboração do projeto e determinar o nível de aprofundamento necessário.

Figura 1 – Características essenciais da aprendizagem baseada em projetos



Fonte: Adaptado de Bender (2014, p. 32).

Isso evidencia o papel central do aluno no processo de aprendizagem, em que sua contribuição e interação são essenciais para que ele compreenda seu papel ativo, desenvolvendo habilidades interpessoais para a troca de conhecimentos e aprimorando sua capacidade de aprender. Essa metodologia pode ser altamente relevante, por permitir aos alunos realizarem atividades práticas relacionadas ao cotidiano. Isso promove uma educação que valoriza a colaboração em equipe e que pretende proporcionar iguais oportunidades a todos os alunos (Santos, 2019), onde o professor apresenta desafios, fenômenos ou problemas a serem explorados, incentivando os alunos a criarem hipóteses; coletarem dados; realizarem experimentos; e analisarem resultados para chegarem a conclusões (Batista; Silva, 2018).

Para estruturar um projeto no método da ABP e garantir sua fundamentação teórica, é essencial seguir certos elementos estratégicos. Esses elementos, questão norteadora, pesquisa, levantamento de ideias, produto final, colaboração e elaboração de etapas, podem auxiliar no planejamento e na realização dos objetivos conforme previsto. A organização do projeto com base nesses componentes possibilita um acompanhamento sistemático e detalhado do

desenvolvimento, facilitando o controle sobre a execução das atividades (Bacich; Holanda, 2020).

No quesito de avaliação, Bender (2014) considera as rubricas de avaliação fundamentais na experiência de ensino na ABP. Ele destaca a importância de que os alunos tenham acesso claro aos critérios de avaliação, permitindo que eles desenvolvam suas atividades de forma consciente e alinhada aos requisitos estabelecidos, sem comprometer sua autonomia. Portanto, Cabral (2022, p. 58) afirma que, “[...] a utilização de rubricas produz vantagens ao serem empregadas como método de avaliação de ABP por permitirem detalhes para autoavaliação, e tomadas de decisões no decorrer do trabalho”. Como também, essas rubricas possibilitam que os alunos avaliem o seu próprio progresso e interação ao longo do projeto.

Bacich e Holanda (2020, p. 157) afirmam que os níveis de desempenho devem seguir a sequência do mais alto para o menor nível, pois:

O nível mais alto, que é a expectativa mais alta para a realização da tarefa, deve ser escrito na primeira coluna, logo após o critério. A escrita nesse formato favorece o olhar do estudante para o que se espera como melhor resultado possível do referido critério. Optar por uma quantidade par de critérios também favorece a autoavaliação, pois percebemos que, muitas vezes, alunos escolhem níveis intermediários de desempenho quando apresentam alguma dificuldade de se posicionar em uma autoavaliação.

Portanto, com base nisso, tanto a rubrica para autoavaliação dos alunos quanto a rubrica para avaliação do pesquisador referente ao artefato, seguiram esse modelo. Essa avaliação é ideal para projetos da ABP, pois define de forma clara os critérios que os alunos devem cumprir. Ao ser transparente, permite que os participantes compreendam como serão avaliados e sirva como orientação, promovendo uma maior compreensão dos critérios adotados pelo professor e incentivando o desenvolvimento de habilidades específicas.

Essa escala de classificação, inspirada nas rubricas de Bender (2014) e Bacich e Holanda (2020), oferecem critérios claros para avaliar a qualidade da produção e apresentação do artefato, proporcionando aos participantes um *feedback* útil sobre seus pontos fortes e aspectos a serem aprimorados. Essa abordagem visa não apenas a avaliação do desempenho, mas também o desenvolvimento contínuo das habilidades e conhecimentos dos alunos, incentivando uma reflexão crítica e construtiva sobre o aprendizado.

2.3 A integração entre STEAM e ABP

Essa integração pode oferecer um modelo de ensino que promove a investigação ativa, envolvendo teoria e prática, e permitindo que os estudantes relacionem os conceitos aprendidos com suas experiências e vivências cotidianas (Pugliese, 2017).

Munhoz (2023, p.16) afirma que a

[...] Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP) é uma técnica que pode ser integrada ao STEAM visto que permite aos estudantes desenvolver projetos interdisciplinares e aplicar os conhecimentos adquiridos em situações práticas. Quer dizer, abordagem STEAM integra conceitos das metodologias ativas, construtivismo, educação holística e *Science and Technology Studies* (STS) que visam à educação dos componentes curriculares de ciências da natureza de forma integrada com a criatividade e a tecnologia do cotidiano.

Nesse sentido, a integração do STEAM com a ABP em projetos interdisciplinares, articula as cinco áreas fundamentais (Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática) em torno de uma questão norteadora, seguindo as etapas da ABP ou STEAM. Essa abordagem potencializa uma aprendizagem significativa e contextualizada, ao facilitar a aplicação prática dos conceitos e levar em conta os conhecimentos prévios dos alunos, promovendo, assim, uma educação mais engajante e relevante (Quirina Neto, 2022).

Bacich e Holanda (2020) destacam a importância de assegurar que o foco central da ABP seja o processo de aprendizagem, e não exclusivamente o produto final. Eles ressaltam que o processo é fundamental, pois é durante essa fase que os estudantes desenvolvem autonomia e habilidades colaborativas.

A problematização de temas, o envolvimento do contexto social e situações-problemas na aplicação da aula, possibilita o aluno a relacionar os conceitos abordados com cenários reais e aprender por meio do erro, à medida que a experimentação for sendo desenvolvida (Appelt, 2022). O acompanhamento contínuo do professor é essencial para garantir que os alunos superem eventuais dificuldades e desafios que possam surgir. No entanto, é crucial que o estudante assuma um papel ativo na gestão do projeto, pois essa responsabilidade fomenta o protagonismo estudantil e o desenvolvimento de competências como o pensamento crítico e a capacidade de resolução de problemas.

2.4 Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS)

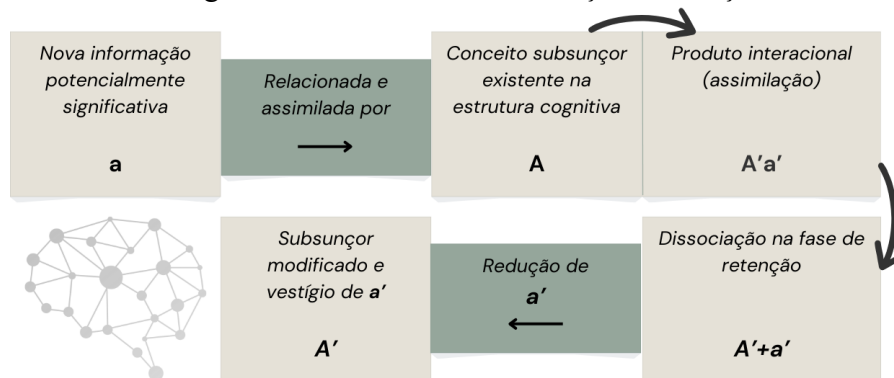
Em 1963, David P. Ausubel (1918-2008), PhD em Psicologia do Desenvolvimento, apresentou a TAS, que propõe a organização e integração das informações para que os conteúdos aprendidos sejam armazenados de maneira articulada e significativa. Ausubel se

dedicou à psicologia educacional, tornando-se uma referência no cognitivismo, ao defender que a aprendizagem ocorre por meio da ampliação e reorganização de ideias pré-existentes na estrutura mental, conectando-as a novos conhecimentos (Gomes; Franco; Rocha, 2020).

Segundo Ausubel (2000) e Moreira (2011), a aprendizagem significativa foca na interação cognitiva entre os conhecimentos prévios dos alunos e os novos conteúdos. Ausubel define subsunçor como os conhecimentos específicos previamente existentes na estrutura cognitiva do indivíduo, que atribuem significado e facilitam a assimilação de novos conhecimentos, seja por meio da própria descoberta ou pela explanação de alguém. Esse processo enriquece e transforma ambos os conhecimentos, tornando-os mais elaborados e relevantes para o aluno. Para que essa aprendizagem ocorra de maneira eficaz, é essencial que o professor, ao planejar suas aulas, leve em conta o contexto acadêmico e social em que os alunos estão inseridos.

Moreira (2006) destaca que esse processo pode ser dividido em dois momentos: a aprendizagem propriamente dita e a retenção do conhecimento adquirido pelo aluno durante a aula ou atividade (Figura 2).

Figura 2 – Processo de assimilação e retenção



Fonte: Adaptado de Moreira (2006, p. 29).

Dessa forma, o conhecimento final $A'a'$, enquanto produto da interação entre o conhecimento prévio A e o novo conhecimento adquirido a , surge ao longo do processo de aprendizagem, proporcionando ao aluno uma compreensão mais profunda e significativa das novas informações. No entanto, $A'a'$ pode ser dissociado em $A'+a'$ no processo de retenção, onde A' representa um subsunçor modificado, enquanto a' pode ser esquecido, embora esteja parcialmente obliterado em A' (Moreira, 2012).

Moreira (2021) destaca a importância da predisposição dos alunos em aprender de forma significativa, enfatizando que essa disposição é essencial na relação entre o material instrucional e a estrutura cognitiva do aluno. Em outras palavras, é necessário que haja interesse

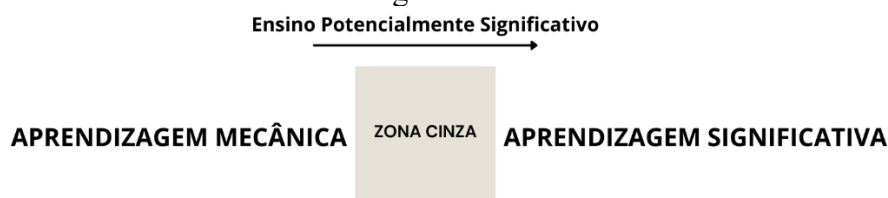
nas estratégias didáticas e nos materiais utilizados para que o educador possa exercer eficazmente seu papel formador, alcançando os objetivos propostos.

Pois, é essencial

[...] haver uma relação entre professor e aluno com o objetivo de compartilhar significados, principalmente quando se envolve os materiais educativos. Nessa dinâmica, o aluno oferece ao professor o seu conhecimento prévio baseado na tradição e experiência pessoal enquanto o professor oferece ao aluno o conhecimento subentendido, ou seja, os fundamentos e a metodologia propostos pelo ensino (Gomes; Franco; Rocha, 2020, p. 24).

A participação ativa do estudante na execução da aula promove um aprendizado relevante, ao posicionar o aluno como o centro do seu próprio aprendizado. Neste modelo, o docente desempenha o papel de um orientador, apontando o caminho para o saber, enquanto o estudante adquire maior autonomia. Este modelo se distingue da aprendizagem mecânica, onde o educador é percebido como o possuidor do saber e o estudante como mero receptor. Isso leva a uma aula verticalizada e hierarquizada, com um fluxo unilateral do professor para o aluno. No entanto, ambas as aprendizagens não são antagônicas e estão interligados por uma “zona cinza” que o ensino potencialmente significativo serve de ponte (Figura 3) (Ausubel, 2000; Moreira, 2012; Gomes; Franco; Rocha, 2020).

Figura 3 – Visão esquemática do contínuo aprendizagem mecânica-aprendizagem significativa



Fonte: Adaptado de Moreira (2012, p. 32).

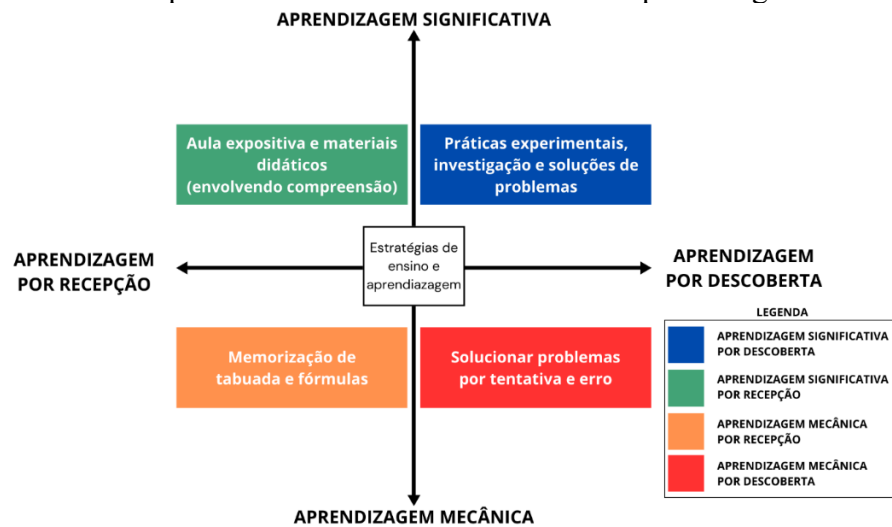
Gomes, Franco e Rocha (2020) destacam que a “zona cinza” é o espaço em que a maioria dos aprendizados ocorre, representando uma transição constante entre a aprendizagem mecânica e a aprendizagem significativa. Também destacam que a aprendizagem significativa pode ocorrer de duas formas: por recepção ou por descoberta, cada uma com características próprias no contexto educacional. A aprendizagem por recepção consiste na apresentação de informações de maneira estruturada e organizada, em sua forma final, geralmente conduzida pelo professor ou por materiais didáticos.

Esse modelo é típico de aulas expositivas, nas quais o professor desempenha um papel central na transmissão do conteúdo, e o aluno é responsável por assimilar essas informações.

Embora essa assimilação exija que o aluno integre os novos conteúdos a seus conhecimentos prévios, sua participação no processo tende a ser mais passiva em relação à autonomia. Isso não significa que a aprendizagem significativa não ocorra, pois, mesmo na aprendizagem por recepção, há a integração dos novos conteúdos com a estrutura cognitiva do aluno.

A aprendizagem por descoberta é conduzida pelo próprio aluno, que assume a responsabilidade de explorar e identificar o que será aprendido, estabelecendo ligação entre o novo conhecimento e os conceitos prévios (Moreira, 2012). A Figura 4 apresenta um sistema de coordenadas hipotético que relaciona a aprendizagem significativa, a aprendizagem mecânica, a aprendizagem por recepção e a aprendizagem por descoberta.

Figura 4 – Um hipotético sistema de coordenadas de aprendizagens e exemplos



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

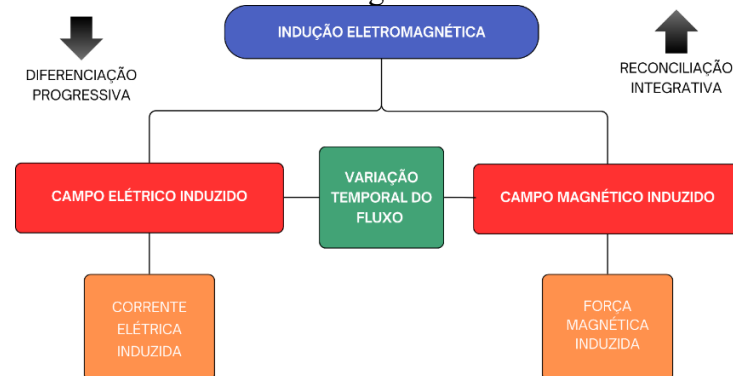
Nesse sentido, a aprendizagem significativa se distingue em três tipos: representacional, conceitual e proposicional. A aprendizagem representacional acontece quando um objeto ou acontecimento é ligado a um símbolo arbitrário, possibilitando sua identificação através dessa representação. A aprendizagem conceitual refere-se à interpretação de padrões em eventos ou objetos, onde o indivíduo compreende o sentido do símbolo e as propriedades que ele simboliza. A aprendizagem proposicional implica na interpretação de novas ideias quando se estabelece uma combinação lógica de conceitos pelo estudante, integrando-as aos conhecimentos já obtidos (Ausubel, 2000; Anjos; Caballero; Moreira, 2012).

Do mesmo modo, há três formas de aprendizagem significativa: subordinada, superordenada e combinatória. A aprendizagem subordinada parte de um conceito mais geral incorporado na estrutura cognitiva do indivíduo, onde ocorrerá a diferenciação progressiva dos conceitos, por exemplo, o aluno sabe o que é indução eletromagnética e o professor explica o

que é campo elétrico induzido e campo magnético induzido, a partir desse momento, o aluno consegue fazer ligações dos conceitos intermediários com o mais geral, podendo chegar aos conceitos mais específicos. Já a aprendizagem superordenada é uma síntese em que o estudante é capaz de relacionar o que é corrente elétrica induzida e força magnética induzida, conceito específico existente na estrutura cognitiva do indivíduo, até alcançar o conceito geral de indução eletromagnética, onde ocorre a reconciliação integrativa e estabelece vínculo com os conceitos intermediários e geral (Gomes; Franco; Rocha, 2020).

Por fim, no aprendizado combinatório, a introdução de novos conceitos e o subsunção não têm uma relação hierárquica. O entendimento sobre o campo elétrico induzido auxilia na assimilação e entendimento do campo magnético induzido através da variação temporal de fluxo. Nesse contexto, também ocorre o processo de reconciliação integrativa, que estabelece interações entre ideais e conceitos (Moreira, 2012). A Figura 5 representa o conceito geral, conceitos intermediários e conceitos específicos e o sentido do processo de significação dos novos conhecimentos.

Figura 5 – Diagrama indicando os conceitos, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A apresentação desses conceitos mais gerais ou mais inclusivos não significa que deverão ser em sua forma final ou abstrata, pois é necessário considerar o conhecimento prévio do aluno para que a diferenciação progressiva e reconciliação integrativa sejam realizadas.

2.5 Fontes de energia renováveis

Nesta seção, será contextualizado o cenário nacional das fontes de energia renováveis, com destaque especial para a energia eólica e o aerogerador.

2.5.1 Visão nacional

O desenvolvimento de diferentes fontes de energia decorre da evolução tecnológica, da crescente conscientização sobre os impactos da poluição, da exploração excessiva e da escassez de recursos naturais. A diversificação das fontes energéticas é essencial para atender às demandas de vários países, que possuem características de clima, localização e disponibilidade de recursos variados. Diante dos impactos socioambientais causados pelas fontes não renováveis, as fontes renováveis surgem como alternativas viáveis, ainda que também apresentem certos impactos ao local instalado (Araújo *et al.*, 2022).

Em relação a consumo de energia elétrica,

A indústria de base no Brasil, envolvendo os setores de produtos químicos, de petróleo e siderúrgico, teve seu desenvolvimento na era Vargas. De modo geral, essas indústrias são bastante intensivas no consumo de energia. Além disso, o próprio estilo de vida moderno está diretamente relacionado a um aumento no uso de energia (Oliveira *et al.*, 2018, p. 2).

Portanto, a instalação de usinas de energia para atender às necessidades comerciais e residenciais se mostra importante. Entretanto, devido à extensão territorial do Brasil, existem diversas possibilidades para a geração de energia, aproveitando os variados recursos naturais disponíveis em diferentes regiões do país. Isso mostra que a escolha da fonte de energia deve considerar os recursos naturais disponíveis na região.

As fontes de energia renováveis e fontes não renováveis possuem vantagens e desvantagens em relação a eficiência energética e impactos socioambientais, conforme é exibido na Figura 6.

Figura 6 – Comparação entre fontes de energia renováveis e não renováveis

Fontes de energia	Vantagens	Desvantagens	Exemplos
Renováveis	• Redução de emissões de poluentes • Fontes inesgotáveis • Diversificação da matriz energética	• Custo inicial alto • Dependência de condições climáticas • Impactos ambientais	• Eólica • Solar • Hidrelétrica • Biomassa • Maremotriz e Ondas • Geotérmica • Hidrogênio verde
Não renováveis	• Mais eficiência • Custo baixo de implementação, manutenção e de transporte	• Recurso finito • Alta emissão de poluentes • Impactos ambientais	• Petróleo • Carvão natural • Gás natural • Energia nuclear

Fonte: Adaptado de Petrobras (2026).

Dentre as principais fontes de energia renováveis apresentadas, cinco utilizam o princípio da indução eletromagnética para converter energia cinética em energia elétrica: eólica, hidrelétrica, biomassa, maremotriz (ondas) e geotérmica. A energia eólica aproveita a força dos ventos, e a energia oceânica utiliza a força das marés e das ondas, enquanto a energia hidrelétrica baseia-se na queda d'água. A energia de biomassa, por meio da matéria orgânica, e a energia geotérmica, por meio do calor armazenado no interior terrestre, aquecem a água para produzir vapor. Todas essas fontes dependem do movimento das hélices das turbinas para produzir eletricidade.

A Agência Nacional de Energia Elétrica destaca que, em 2024, a matriz energética brasileira atingiu um pouco mais 200 gigawatts (GW) de potência centralizada, refletindo o compromisso do país com a transição energética para reduzir as emissões de carbono e expandir a utilização de fontes limpas e renováveis. As principais fontes renováveis são as hidrelétricas, eólicas e biomassas que representam 78,2% dos 84,25% totais de fontes renováveis. Entre as fontes não renováveis, destacam-se o gás natural, o petróleo e o carvão mineral, que somam 14,75% dos 15,75% de participação dessas fontes na matriz energética (Brasil, 2024b).

A energia eólica no Brasil, segundo a Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEólica), alcançou uma capacidade instalada de 33,5 GW em operação e teste, distribuída por 12 estados, com mais de 115.230 aerogeradores em 1.085 parques eólicos. Em 2023, a geração de energia eólica registrou um aumento de 17,1% em relação a 2022, totalizando 95,88 terawatts-hora (TWh) (ABEEólica, 2024). Isso indica um crescimento anual da geração de energia devido as instalações de mais aerogeradores e parques eólicos, aumentando o número de habitantes beneficiados.

No Ceará, a energia eólica lidera a matriz energética, representando 46,71% da produção, seguida pela energia solar com 21,82%. Com 100 parques eólicos, a capacidade instalada atinge 2.577 MW. Há planos para aumentar essa capacidade, com investimentos direcionados a 72 novos empreendimentos, sendo que alguns já estão em construção (Cruz, 2024; Torquito, 2024). Isso evidencia um compromisso estadual e nacional no ampliamiento do uso de fontes livres de poluentes, buscando contribuir com a diminuição nos níveis de emissões de CO₂ (gases de efeito estufa) e efeitos nas mudanças climáticas.

A turbina eólica ou aerogerador é responsável pela conversão da energia cinética (vento) em energia elétrica através do fenômeno da indução eletromagnética no gerador. Os principais componentes são: pás, rotor, torre, nacelle, caixa multiplicadora, sistema de controle, gerador, biruta, anemômetro, sistema de transmissão, entre outros, que unidos conseguem gerar

eletricidade através dos ventos (Carvalho, 2021). A turbina mais utilizada, e aqui abordada, é a de eixo horizontal, cujo eixo de rotação é paralelo ao solo. Além dessa, existem outros tipos, como a de eixo vertical, *Darrieus*, *Savonius*, *Gorlov* e *Giromill*. Esses aerogeradores podem ser instalados tanto em locais terrestres (*onshore*) quanto em áreas marítimas (*offshore*).

Pinto (2014) ressalta a eficiência superior da turbina hídrica, que pode alcançar até 90%, em comparação com as turbinas eólica e a vapor, cujas eficiências são de 60% e 59%, respectivamente. No caso das turbinas eólicas, o limite de Betz estabelece a eficiência máxima teórica em 59,3%, com C_p equivalente a 0,593. No entanto, as atuais geralmente alcançam uma eficiência prática em torno de 40%. Esses números reforçam a importância de avanços mecânicos e tecnológicos para o aumento da eficiência energética.

2.6 Princípio da conservação da energia

A afirmação de que "a energia pode ser transformada ou transferida, porém jamais criada nem destruída" é essencial para compreender sistemas mecânicos. Em sistemas isolados de forças externas, como atrito ou arrasto, a energia total do sistema permanece constante, embora seus componentes possam variar (Nussenzveig, 2013). No cotidiano, a energia se manifesta de diversas maneiras, como nos alimentos que consumimos e nos combustíveis que abastecem máquinas. Além disso,

a energia pode explicar os processos de transformação da natureza, estando relacionado com a matéria e chegando até nós por meio de ondas eletromagnéticas. Dessa forma, o que fisicamente se pode analisar é a manifestação da energia em diferentes formas, seja em forma de movimento, calor, eletricidade, luz e etc. (Cabral (2022, p. 36).

Exemplos como motores, aparelhos eletrônicos, veículos automotivos, sanduicheiras, ar-condicionado e ferros de passar, demonstram essas mudanças. A geração de calor nesses casos ocorre como consequência das forças resistivas atuantes no sistema, fornecendo funções úteis para o dia a dia, mesmo com limitações de eficiência nesses equipamentos. Esse calor dissipado é uma perda inevitável em processos de conversão energética, influenciando o desempenho e a sustentabilidade desses dispositivos.

Na Física, em sistemas isolados, a energia mecânica E_m é definida como a soma da energia cinética E_c e das energias potenciais: elástica, elétrica e gravitacional, sendo expressas, como a energia inicial e final do sistema:

$$E_{m_{inicial}} = E_{m_{final}} \quad (1)$$

e

$$E_{c_i} + E_{p_i} = E_{c_f} + E_{p_f}, \quad (2)$$

onde a energia potencial reflete a capacidade de o corpo realizar movimento e pode ser convertida em energia cinética e realizar trabalho τ , que é a transferência de energia para um corpo através de uma força F aplicada a um ângulo θ ao longo de um deslocamento d (Nussenzveig, 2013), pode ser representada das seguintes formas:

$$\tau = F \cdot d \cdot \cos\theta \quad (3)$$

ou

$$\tau = \Delta E_c = E_{c_f} - E_{c_i}, \quad (4)$$

em que τ é também igual à variação de energia cinética do sistema. Quando a conversão de energia é atribuída a produção ou consumo de eletricidade, é utilizado diferentes processos para essa geração, como a força das marés, a queda d'água, vapor d'água, vento, entre outras, havendo ganhos e perdas de energia, nomeados como potência útil $P_{\text{útil}}$ e potência dissipada P_d , com a unidade de medida watt (W), que 1 W é equivalente a 1 Joule (J), são representadas, respectivamente, por:

$$P_{\text{útil}} = U \cdot i, \quad (5)$$

$$P_d = R \cdot i^2 \quad (6)$$

e

$$P_{\text{total}} = U \cdot i + R \cdot i^2, \quad (7)$$

onde U é a diferença de potencial elétrico, R é a resistência elétrica e i é a corrente elétrica. Assim, pode-se expressar como:

$$P_{\text{total}} = \varepsilon \cdot i, \quad (8)$$

sendo ε a força eletromotriz induzida (fem). A partir das equações (5) e (8), é possível determinar a eficiência energética η de um sistema ou dispositivo analisado, através de:

$$\eta = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}. \quad (9)$$

A eficiência energética, na física, não pode exceder o valor de 1 ou 100%, pois os sistemas mecânicos inevitavelmente dissipam parte da energia, como na forma de calor, movimento ou luz, por exemplo a energia eólica, onde η indica o quanto da potência dos ventos

é aproveitada pela turbina eólica na conversão de energia, visto na seção anterior (Halliday; Resnick; Walker, 2020).

2.7 Eletromagnetismo

Neste tópico, serão explorados os principais fenômenos relacionados à indução eletromagnética utilizados na conversão de energia.

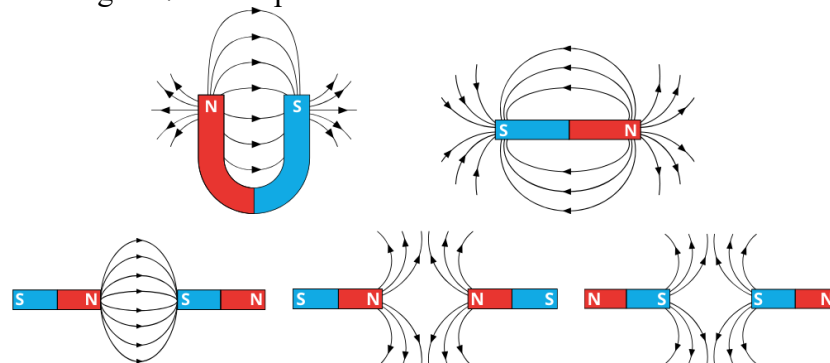
2.7.1 Campo magnético

No século VI a.C., na Grécia Antiga, houve o primeiro contato com o âmbar, associado aos fenômenos elétricos. Na região de Magnésia, foram descobertas rochas chamadas magnetita, associadas aos fenômenos magnéticos, compostas de óxido de ferro (Fe_3O_4), que apresentavam propriedades magnéticas e ficaram conhecidas como ímãs naturais.

Até 1819, acreditava-se que apenas os ímãs criavam campos magnéticos. Então, em 1820, o físico Hans C. Oersted (1777-1851) observou a indução de um campo magnético ao redor de um fio percorrido por corrente elétrica. Em seu experimento, ele utilizou uma agulha imantada, orientada segundo o meridiano magnético da Terra e posicionada paralelamente a um fio retilíneo. Inicialmente, ao passar corrente pelo fio, nenhuma alteração foi observada. Contudo, ao reposicionar a agulha perpendicularmente ao fio, a agulha foi desviada, evidenciando a influência do campo magnético gerado pela corrente. (Chaib; Assis, 2007).

Atualmente, além dos ímãs naturais, são produzidos ímãs artificiais, feitos de materiais como ferro, cobalto, níquel e ligas metálicas especiais. Esses materiais passam por um processo de imantação, que lhes confere propriedades magnéticas. Existem três tipos principais de ímãs: permanentes, temporários e eletroímãs. A Figura 7 ilustra o dipolo magnético de um ímã.

Figura 7 – Comportamento do contato entre ímãs



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Na Figura 7, destaca-se o comportamento do campo magnético durante a aproximação e afastamento entre dois ímãs. Todos os ímãs possuem dipolos magnéticos, ou seja, regiões de polos norte e sul, responsáveis pela atração ou repulsão magnética. (Penteado, 1998). Quando dois polos magnéticos iguais, como norte-norte ou sul-sul, se aproximam, ocorre repulsão. Por outro lado, ao aproximar polos magnéticos opostos, como norte-sul ou sul-norte, ocorre atração.

2.7.2 Indução eletromagnética

2.7.2.1 Espiras

Os campos magnéticos são gerados pelo movimento de cargas elétricas. Quando uma corrente elétrica percorre um material condutor, cria-se um campo magnético ao redor dele. Com base nesse princípio, André-Marie Ampère (1775-1836) formulou uma lei que relaciona a intensidade da corrente elétrica em um fio condutor com a intensidade do campo magnético circular gerado ao seu redor (Tipler; Mosca, 2009). Essa relação ficou conhecida como a Lei de Ampère:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \cdot I_{env} , \quad (10)$$

onde $\vec{B}$ é o vetor indução magnética, ou, simplesmente, vetor campo magnético, $d\vec{l}$ é o elemento infinitesimal do comprimento ao longo da curva amperiana, μ_0 é a permeabilidade magnética no vácuo, com o valor de $4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m, e I_{env} é a corrente elétrica que atravessa a superfície delimitada pela curva. O símbolo $\oint_C$ indica uma integral de linha do campo magnético ao longo de uma curva fechada.

Após a realização da integral, chega-se ao módulo do campo magnético de indução magnética do fio condutor retilíneo:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot \pi \cdot d} , \quad (11)$$

onde d é a distância do ponto de referência da borda que a linha de indução do vetor indução magnética $\vec{B}$ preenche o meio no qual o condutor está imerso. A intensidade do campo de indução magnética é inversamente proporcional à distância e diretamente proporcional à corrente elétrica, variáveis que modificam o valor do campo (Penteado, 1998).

Em 1830, cientistas buscavam entender se um campo magnético poderia gerar corrente elétrica. Joseph Henry (1797-1878) chegou a essa conclusão antes, embora de Michael Faraday (1791-1867) tenha sido o primeiro a publicar e aprofundar a descoberta. Utilizando um modelo similar a um transformador, tentou responder essa questão, mas não obteve sucesso inicial, pois a corrente elétrica era constante. Foi apenas no momento em que a corrente começava ou era interrompida que se observava uma resposta no galvanômetro. Então, concluiu que um campo magnético estacionário não gera corrente, mas um campo magnético em variação (Penteado, 1998).

Em experimentos subsequentes, Faraday utilizou uma espira conectada a um galvanômetro e descobriu que, ao mover um ímã no interior da espira ou ao deslocar a espira em relação ao ímã, surgia uma corrente elétrica induzida. Com base nesses achados, Heinrich F. Lenz (1804-1865) formulou a lei que determinava o sentido da corrente induzida, conhecida como Lei de Lenz. Posteriormente, foi James C. Maxwell quem forneceu a fundamentação matemática para a Lei de Faraday-Lenz:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad (12)$$

onde $\vec{E}$ é o vetor campo elétrico, $d\vec{l}$ é o elemento infinitesimal do comprimento do fio, $d\Phi/dt$ é a taxa de variação do fluxo magnético com o tempo. Após a integração da equação (13), encontra-se:

$$\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi_B}{\Delta t}, \quad (13)$$

sendo $\Delta\Phi_B$ a variação do fluxo magnético e Δt o intervalo de tempo. Portanto, o movimento oscilatório de um objeto com campo magnético orientado perpendicularmente a uma espira induzirá uma força eletromotriz.

2.7.2.2 Motor elétrico

O motor elétrico é composto por uma ou várias bobinas percorridas por uma corrente elétrica próximo de um ímã ou eletroímã. Alterações na quantidade de voltas, raio e espaçamento entre as espiras têm um impacto direto nas propriedades magnéticas da bobina.

A intensidade do campo magnético na bobina chata percorrida por uma corrente elétrica, é obtida da lei de Biot-Savart:

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{id\vec{l} \times \hat{r}}{r^2}, \quad (14)$$

onde $d\vec{B}$ é a contribuição infinitesimal ao campo magnético $\vec{B}$ devido a corrente elétrica i que atravessa o elemento infinitesimal de comprimento orientado $d\vec{l}$ (Tipler; Mosca, 2009). O versor $\hat{r}$ é um vetor que possui uma magnitude unitária e aponta na mesma direção do vetor com origem no elemento infinitesimal até o ponto do espaço onde se deseja obter o campo magnético (Halliday; Resnick; Walker, 2020).

A equação (15) permite calcular a contribuição infinitesimal $d\vec{B}$ do campo magnético $\vec{B}$ produzido por uma corrente elétrica em um ponto específico. Se imaginarmos a corrente elétrica como um caminho infinitesimal, a lei relaciona a intensidade dessa corrente, o pedaço minúsculo do caminho que está gerando o campo magnético e o ângulo entre a direção desse pedaço e o ponto onde queremos saber o campo (Halliday; Resnick; Walker, 2020).

Realizado os cálculos na equação (14) para um arco de espira de raio R , obtém:

$$B = \frac{\mu_0 i \varphi}{4\pi R}, \varphi = 2\pi, \quad (15)$$

substituindo, chega-se a:

$$B = \frac{\mu_0 \cdot i}{2 \cdot R}. \quad (16)$$

A equação (16) é para uma espira ($N = 1$), no caso de bobina chata com N espiras, constituída por espiras justapostas, multiplica-se com o módulo do campo para a obtenção do valor final.

No motor surge a força magnética, responsável pelo seu funcionamento quando a bobina é exposta a um campo magnético externo. O torque magnético é a tendência de um campo magnético aplicar uma força rotacional sobre um objeto, quando sujeito a um campo magnético externo, como um ímã. Esse torque surge devido à interação entre os campos magnéticos de diferentes objetos, causando um momento de rotação em torno de um eixo específico. O torque $\vec{\tau}$ é o produto vetorial entre a força magnética $\vec{F}$ aplicada e o braço de alavanca $\vec{r}$, sendo diretamente proporcional à força aplicada e ao braço de alavanca:

$$\vec{\tau} = \vec{r} \times \vec{F}, \quad (17)$$

sendo fundamental na compreensão do funcionamento de motores elétricos, responsável por iniciar o movimento da bobina, conhecido como arranque do rotor (Tipler; Mosca, 2009; Halliday; Resnick; Walker, 2020). A partir da equação (17), é possível chegar na expressão final:

$$\vec{\tau} = \vec{\mu} \times \vec{B}, \quad (18)$$

onde $\vec{\mu}$ é o vetor momento de dipolo magnético ($\vec{\mu} = I \cdot \vec{A}$). É possível estimar o valor do torque magnético em uma espira circular, responsável por induzir um movimento rotacional em torno de um eixo central. Em contrapartida, se a espira estiver fixa de tal maneira que não possa girar, o torque gerado pode atuar como uma força resistiva contra qualquer tentativa de rotação.

2.7.2.3 Gerador elétrico

Há dois tipos de geradores elétricos, os que podem funcionar com corrente elétrica alternada (CA) e com corrente elétrica contínua (CC), cada uma com utilidades específicas e distintas. A CA pode ser periódica ou não, com sua polaridade variando entre positiva ($i > 0$) e negativa ($i < 0$) ao longo do tempo. Diversas formas de onda podem ser geradas, como senoidal, quadrada, triangular, e outras não periódicas, sendo a senoidal a mais comum.

O alternador, um dispositivo gerador de corrente alternada, converte energia cinética em energia elétrica por meio da rotação de uma espira ou conjunto de espiras dentro de um campo magnético e utiliza dois anéis condutores metálicos isolados que giram em torno de um eixo comum, conectados à armadura, também chamada de bobina, que é responsável por induzir uma força eletromotriz ($\mathcal{E}$) que “[...] é igual ao trabalho por unidade de carga elétrica feita sob uma partícula portadora de carga” (Graça, 2012, p.182). Para um gerador de corrente alternada, $\mathcal{E}$ é expressa por:

$$\mathcal{E}(t) = (NAB\omega) \cdot \text{sen}(\omega t), \quad (19)$$

onde N é a quantidade de espiras, A é a área do interior da bobina, B é o campo magnético induzido, ω é a frequência angular do movimento de rotação da espira, e ωt é o ângulo que o vetor normal à superfície da espira faz com o campo magnético.

Para gerar CC, utiliza-se um comutador, composto por um anel dividido em duas partes, que inverte o sentido da corrente, mantendo-a constante (Nussenzveig, 2015), dado por:

$$U = \mathcal{E} - R \cdot i. \quad (20)$$

A primeira Lei de Ohm ($U = R \cdot i$) pode ser utilizada para encontrar os valores dessas variáveis em exercícios de eletricidade em livros didáticos e apostilas.

3 REVISÃO DE LITERATURA

Nesta seção, apresenta-se a Revisão de Literatura (RL) no qual buscamos entender da produção científica acerca da temática desta dissertação, permitindo acesso a área de interesse e identificar possíveis lacunas e potenciais contribuições. A partir disso, buscar relações entre as pesquisas que possam contribuir para o tema pesquisado, por meio de contrastes, complementações e acréscimos, gerando diálogo entre os trabalhos (Dorsa, 2020). Para Nóbrega-Therrien e Therrien (p. 11, 2004),

Geralmente a revisão da literatura se apresenta como um encadeamento das categorias do trabalho, didaticamente organizadas e narradas em capítulo ou subcapítulo, constituindo um texto que traz a base teórica de sustentação para a análise dos dados. Deste modo, fornece ao estudante/pesquisador referenciais para interpretar e explorar o seu tema de investigação.

Desta forma, o objetivo desta seção é apresentar a RL em torno da utilização da abordagem STEAM e da metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos em aulas de Ensino Médio. Para assim, contemplar trabalhos que relacionem os temas e que possa ter reflexão sobre as possíveis contribuições educacionais no Ensino Médio.

3.1 Descrição da RL

Com a definição do objetivo, foi estabelecido um filtro temporal no período de 2018 a 2025 para verificar artigos publicados no idioma português, espanhol e inglês sobre a aplicação da abordagem STEAM e a metodologia da ABP no Ensino Médio. Foram consultadas três bases de dados, sendo: Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), *Scientific Electronic Library On-line* (SciELO) e *Redalyc Scientific Information System*. Os termos de busca da pesquisa determinados foram as palavras-chave: “STEAM”, “Aprendizagem baseada em projetos” e “*Project-based learning*”. Ainda foram definidos os critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos artigos buscados, de modo, a obter credibilidade científica, conforme no Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios de inclusão e exclusão

Códigos	Critérios	Categorias
Critério 1	Estudos primários	Inclusão
Critério 2	Artigos escritos no período de 2018 e 2025	Inclusão
Critério 3	Artigos revisados por pares	Inclusão
Critério 4	Artigos que descrevem práticas STEAM/STEM e da Aprendizagem Baseada em Projetos com alunos do Ensino Médio.	Inclusão

Critério 5	Estudos secundários e terciários	Exclusão
Critério 6	Estudos do Ensino fundamental e Ensino Superior	Exclusão
Critério 7	Artigos duplicados	Exclusão
Critério 8	Artigos inacessíveis ou pagos	Exclusão
Critério 9	Artigos não escritos em português, espanhol ou inglês	Exclusão

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A definição desses critérios, visa estabelecer imparcialidade e o cumprimento da filtragem pelo pesquisador, para assim, evitar informações imprecisas e incoerentes, mantendo o percurso científico. Para dar início a realização da busca, foram utilizadas modelagens de acordo com a base de dados, no idioma português e inglês, tal como outras especificações, como exposto no Quadro 2.

Quadro 2 – Modelagem da base de dados

Base de dados	Modelagem em português	Modelagem em inglês
Capes	“Qualquer → STEAM AND Qualquer → Contém → Aprendizagem baseada em projetos” Acesso livre Revisado por pares Idioma: qualquer idioma Período: 2018-2025	“Qualquer → STEAM AND Qualquer → Contém → Project-based learning” Acesso livre Revisado por pares Idioma: qualquer idioma Período: 2018-2025
SciELO	“STEAM” and “Aprendizagem baseada em projetos” Período: 2018-2025	“STEAM” AND “Project-based learning” Período: 2018-2025
Redalyc	“STEAM” and “Aprendizagem baseada em projetos” Período: 2018-2025	“STEAM” AND “ <i>Project-based learning</i> ” Período: 2018-2025

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Como resultado dessa primeira etapa, foram encontrados 124 artigos, distribuídos entre os descritores de busca em português e em inglês, como por base de dados, como mostra o Quadro 3.

Quadro 3 – Relação da quantidade de artigos por base de dados

Base de dados	Descritores em português	Descritores em inglês
Capes	10	84
SciELO	1	0
Redalyc	5	24
TOTAL	16	108

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir disso, foram realizadas análises dos títulos, resumos dos estudos e das palavras-chave, que permitiram verificar inicialmente a conformidade com os critérios de inclusão e exclusão. Do total, apenas 22 artigos foram selecionados para leitura completa após a filtragem, seguindo os critérios de inclusão e exclusão, representando aproximadamente

17,74% dos estudos. O Quadro 4, mostra as quantidades de artigos por base de dados selecionados.

Quadro 4 – Relação da quantidade de artigos filtrados por base de dados

Base de dados	Descritores em português	Descritores em inglês
Capes	1	16
SciELO	0	0
Redalyc	1	4
TOTAL	2	20

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Na base SciELO não foi identificado nenhum artigo selecionado. Na *Redalyc* foram 5 artigos (22,73%) e na Capes 17 artigos (77,27%), totalizando 22 artigos. Após a leitura na íntegra, 6 artigos, um de 2020 e de 2023, e quatro de 2021, foram descartados por conterem abordagens e aplicação no ensino fundamental e superior, como também por acesso limitado. Assim, restando 17 artigos, expostos no Quadro 5 com detalhes, a identificação ID (composta pela letra “P” seguida de um número sequencial), pelo título, autores, ano e o país/idioma de cada estudo aplicado.

Quadro 5 – Relação dos artigos

ID	TÍTULO	AUTORES	ANO	PAÍS/IDIOMA
P1	Proyecto CRASH: enseñando cinemática y dinámica en el contexto del análisis pericial de accidentes.	Domènech-Casal, Gasco, Royo e Vilches.	2018	Espanha/Espanhol
P2	Developing critical and creative thinking skills through STEAM integration in chemistry learning.	Rahmawati, Ridwan, Hadinugrahaningsih e Soeprijanto.	2019	Indonésia/Inglês
P3	Enhancing student competencies through digital video production: a project-based learning framework.	Hoe, Chuan, Hussin e Jiea.	2019	Malásia/Inglês
P4	The development of chemistry students' 21 century skills through a STEAM project on electrolyte and non-electrolyte solutions.	Rahmawati, Agustin, Ridwan, Erdawati, Darwin e Rafiuddin.	2019	Indonésia/Inglês
P5	Developing 22nd century skills through the integration of STEAM into smoke absorber project.	Ridwan, Rahmawati, Mardiah e Rifai.	2020	Indonésia/Inglês
P6	Diseñando un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y programación.	Domènech-Casal.	2020	Espanha/Espanhol
P7	Integrated project-based e-learning with science, technology, engineering, arts, and mathematics (PjBeL-STEAM): its effect on science process skills.	Mufida, Sigit e Ristanto.	2020	Indonésia/Inglês
P8	Metodologias ativas numa escola técnica profissionalizante.	Silva, Viana e Vilela Júnior.	2020	Brasil/Português
P9	Changing students'attitudes toward mathematics through creative steam projects	London.	2022	Israel/Inglês

	designed and executed by them (smart program).			
P10	Integração entre robótica educacional e abordagem STEAM: desenvolvimento de protótipos sobre a temática responsabilidade social e sustentabilidade.	Fernandes e Zanon.	2022	Brasil/Português
P11	Integrating STEAM with PjBL and PBL on biology education: Improving students' cognitive learning results, creative thinking, and digital literacy.	Hehakaya, Matdoan e Rumahlatu.	2022	Indonésia/Inglês
P12	Promoviendo la creatividad científica en secundaria: diseño y aplicación de actividades en el aula de ciencias.	Galán, Gascons, Pastor e Llach.	2022	Espanha/Espanhol
P13	Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation.	Chung, Huang, Cheng e Lou.	2022	China/Inglês
P14	Critical Thinking Skills of Chemistry Students by Integrating Design Thinking with STEAM-PjBL.	Ananda, Rahmawati e Khairi.	2023	Indonésia/Inglês
P15	Analysis of Student Problem-Solving Skills on Static Fluid Topics.	Rachmawati, Parno, Latifah, Wisodo, Ghorbiy e Bunyamin.	2024	Indonésia/Inglês
P16	Developing Students' Chemical Literacy through the Integration of Dilemma Stories into a STEAM Project on Petroleum Topic.	Rahmawati, Erdawati, Ridwan, Veronica e Hadiana.	2024	Indonésia/Inglês
P17	Students' scientific argumentation skills through PjBL–STEAM model assisted by web-based interactive PowerPoint on static fluid.	Rachmawati, Parno, Latifah, Wisodo, Ghorbiy e Bunyamin.	2024	Indonésia/Inglês

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Os artigos selecionados referentes aos descritores em português e inglês é mostrado no Quadro 6.

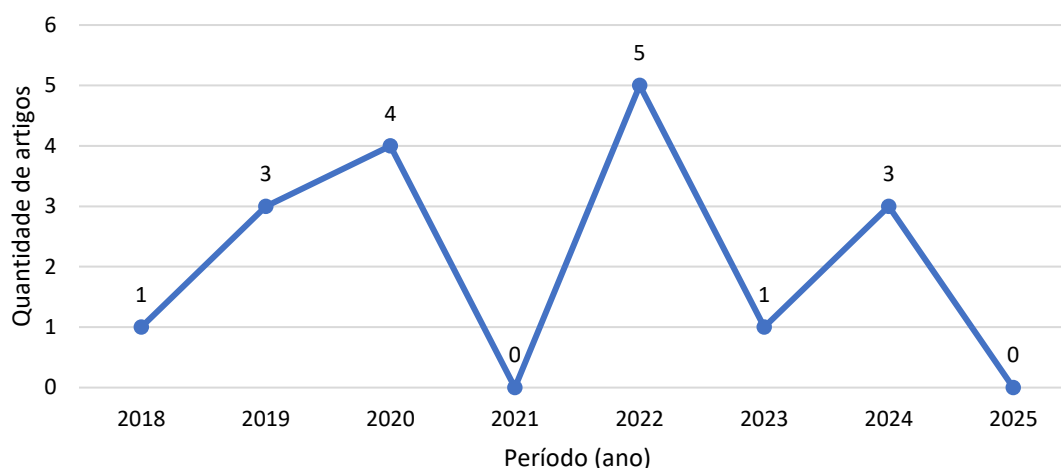
Quadro 6 – Relação da quantidade de artigos selecionados por base de dados

Base de dados	Descritores em português	Descritores em inglês
Capes	1	12
SciELO	0	0
Redalyc	1	3
TOTAL	2	15

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme as bases de dados, os artigos referentes a Capes foram: P2, P3, P4, P5, P7, P9, P10, P11, P13, P14, P15, P16 e P17, onde apenas o P10 é referente aos descritores em português. Os trabalhos selecionados da *Redalyc*, foram: P1, P6, P8 e P12, onde o P8 pertence aos descritores em português.

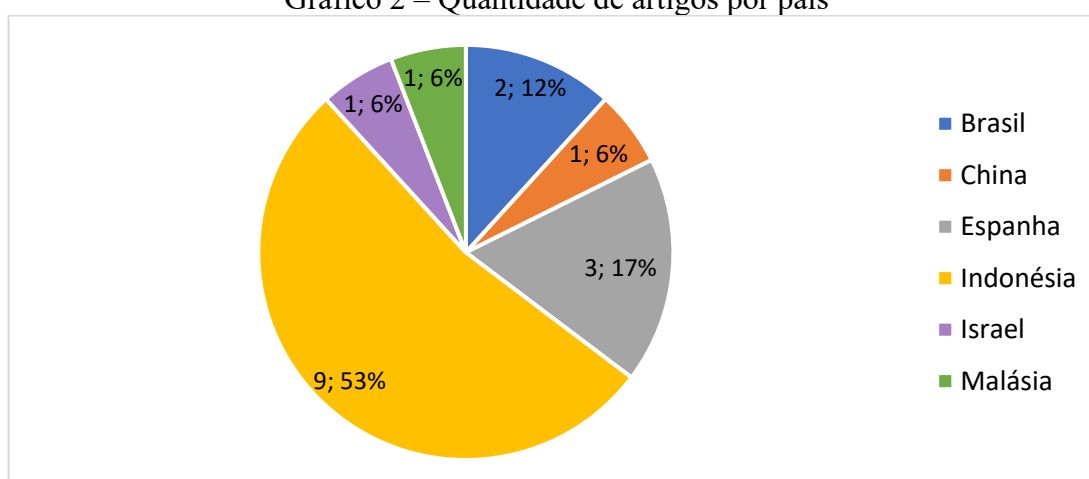
Com base no Quadro 5, foi formulado o Gráfico 1 que demonstra a relação da quantidade de artigos *versus* o período dos anos de 2018 a 2025.

Gráfico 1 – Quantidade de artigos *versus* Período (ano)

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Gráfico 1, observa-se um crescimento no número de artigos que se adequam aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos nesta pesquisa entre 2018 e 2020, uma queda em 2021 com um crescimento em 2022. Em 2023, houve uma nova diminuição, enquanto em 2024 ocorreu um aumento, retomando o valor de 2019. Por fim, em 2025, até o momento da realização desta pesquisa (21/08/2025), nenhum artigo disponível nas bases de dados foi selecionado. Os locais das aplicações das pesquisas dos artigos apresentados no Quadro 4, foram: Brasil, China, Espanha, Indonésia, Israel e Malásia, conforme o Gráfico 2 ilustra.

Gráfico 2 – Quantidade de artigos por país

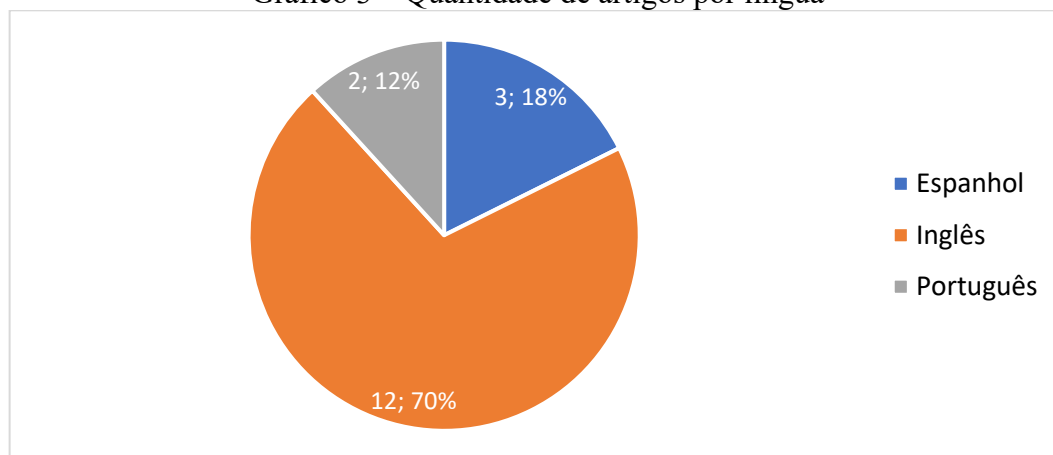


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

É possível visualizar acima uma porcentagem de aproximadamente 53% de artigos na Indonésia, demonstrando que mais que a metade dos trabalhos escolhidos, são do continente

Asiático. Como resultado, o Gráfico 3, evidencia a quantidade de artigos em Espanhol, Inglês e Português.

Gráfico 3 – Quantidade de artigos por língua



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir da análise do Gráfico 3, a língua inglesa apresentou aproximadamente 70% dos trabalhos selecionados, resultado de apenas cinco artigos serem de outra língua, Espanhol e Português.

Para análise e discussão sobre as pesquisas selecionadas, foram definidas duas questões norteadoras: (1) Quais são as áreas de conhecimentos envolvidas nas práticas? e (2) Como ocorreram as práticas STEAM e da metodologia da ABP?

3.2 Discussão dos trabalhos selecionados

De modo, para responder a primeira questão: **“Quais são as áreas de conhecimentos envolvidas nas práticas?”**, realizou-se uma síntese do âmbito acadêmico dos pesquisadores dos artigos. O Quadro 7 foi construído conforme as áreas trabalhadas e os artigos selecionados.

Quadro 7 – Relação da área, identificação e número de artigos

Área	ID	Nº de artigos
Biologia	P7 e P11	2
Eletrônica	P13	1
Física	P1, P15 e P17	3
Matemática	P9	1
Química	P2, P4, P5, P14 e P16	5
Robótica Educacional	P8 e P10	2
Tecnologia	P3	1
Geologia e Biologia	P6	1
Geologia, Biologia e Tecnologia	P12	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 7, a área mais abordada foi Química (5 artigos), seguido de Física (3 artigos) e Biologia (2 artigos) juntamente com Robótica educacional (2 artigos). As outras áreas ou junção de áreas, foram encontrados apenas 1 trabalho cada. A partir dos Quadros 5 e 7, foi possível identificar os autores que apareceram no mínimo duas vezes como autor principal, conforme exibido no Quadro 8.

Quadro 8 – Relação dos autores, área, identificação e número de artigos com dois ou mais artigos

Autores	Área	ID	Nº de artigos
Domènech-Casal	Física, Geologia e Biologia	P1 e P6	2
Rachmawati	Física	P15 e P17	2
Rahmawati	Química	P2, P4 e P16	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Diante disso, é destaque o fato das autoras Rachmawati e Rahmawati da Indonésia, e o autor Domènech-Casal da Espanha, produziram pesquisas com alcance intercontinental, o que reforça a relevância e a difusão de seus trabalhos. Além disso, essas publicações apresentam elevado número de citações, evidenciando seu impacto na comunidade científica.

Para responder a segunda questão: **“Como ocorreram as práticas STEAM e a metodologia da ABP?”**, realizou-se a descrição dos artigos e das estratégias metodológicas.

O artigo P1, de Domènech-Casal *et al.* (2018), apresenta um estudo de caso guiado voltado à investigação de acidentes automobilísticos, fundamentado na metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos. O projeto, denominado *CRASH!*, envolveu duas escolas de Ensino Médio: o *Institut Marta Estrada* (Granollers, Barcelona) e o *Institut-Escola Les Vinyes* (Castellbisbal, Barcelona). Ao longo de três situações acidentais propostas, participaram 66 alunos, que foram submetidos a questionários qualitativos e quantitativos destinados a avaliar a aprendizagem e a compreensão dos conceitos de cinemática e dinâmica da disciplina de Física ao término da sequência didática.

Após o estudo dos conteúdos, os estudantes foram organizados em equipes para a realização de uma audiência simulada de perícia de acidentes, na qual foram formados por especialistas e advogados, com o objetivo de reconstruir e explicar os fatos envolvidos nos diferentes cenários de colisão. Para cumprir essa tarefa, as equipes produziram gráficos e calcularam valores de deslocamento, tempo, velocidade e aceleração, seguindo um roteiro estruturado e apresentaram para turma.

Segundo os autores, os dados coletados por meio dos questionários, permitiram dimensionar os níveis de aprendizado dos alunos com um exame de cinco questões (0 a 10 pontos), e suas autoavaliações por meio da escala *Likert* (1 a 6 pontos), indicando que houve desenvolvimento de habilidades conceituais e procedimentais, evidenciadas pela capacidade de representar e interpretar gráficos, pela condução de investigações e pela realização de experimentos ao longo das atividades do projeto.

No artigo P2, Rahmawati *et al.* (2019a) apresentam uma pesquisa qualitativa realizada com 76 estudantes do Ensino Médio de duas escolas da Indonésia. O estudo utilizou entrevistas, observações, diário de campo e avaliações voltadas a criticidade e criatividade. As atividades foram organizadas nas cinco fases STEAM: relacionar, planejar, desenvolver, cooperar e transferir, integradas à metodologia da ABP. O objetivo central foi desenvolver um projeto STEAM baseado nos conceitos de ácido-base aplicados ao cultivo de plantas hidropônicas. Organizados em grupos, os alunos investigaram e testaram o pH ideal para o crescimento da planta *Kangkung* e para construírem sistemas hidropônicos.

Os autores observaram que, ao determinar o pH e relacionar esse procedimento aos conceitos de ácidos e bases, os alunos trabalharam os conhecimentos da área das ciências. Na elaboração da estrutura dos vasos hidropônicos, a produção estética da estrutura e a apresentação do projeto, incluindo encaixes e pinturas dos vasos, foram acionadas as áreas de tecnologia, engenharia, matemática e artes.

Portanto, o artigo discute apenas os dados qualitativos, destacando que os grupos de alunos foram capazes de apresentar conclusões sobre o desenvolvimento do projeto. Assim, indicam que a abordagem STEAM favoreceu a articulação dos conceitos de química com os conteúdos de outras áreas, por meio de investigações e projetos colaborativos com foco em situações reais. Esse processo estimulou a autorreflexão, o questionamento e o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo. Por fim, o estudo aponta desafios na implementação da química em articulação com as áreas STEAM, especialmente quanto ao engajamento dos estudantes e à disponibilidade de tempo e recursos.

O artigo P3, de Hoe *et al.* (2019), apresenta uma pesquisa de abordagem quantitativa e qualitativa realizada com 63 estudantes do Ensino Médio em Malaca, na Malásia. O objetivo do estudo foi identificar os efeitos da produção de vídeos digitais na estrutura metodológica da ABP e no desenvolvimento de habilidades e competências desses alunos. Para isso, aplicou-se um questionário com dados qualitativos ordinais, baseado na escala *Likert* de 1 a 5 pontos, composto por 22 itens de competências (colaboração, criatividade, pensamento crítico e comunicação). Os autores estabeleceram três níveis de desempenho: baixo (1 a 2,33), moderado

(2,34 a 3,66) e alto (3,67 a 5,00) para a média de cada aluno. Além disso, realizaram um teste de confiabilidade para verificar a consistência interna das variáveis.

No questionário *Extended Professional Development Project-based Learning*, utilizado para mensurar a aprendizagem após a produção dos vídeos, aplicou-se o teste t para amostras independentes, com o intuito de comparar as médias e analisar a significância das diferenças observadas. Os resultados indicaram que a produção de vídeos digitais no contexto da ABP pode ser considerada uma estratégia eficaz para o Ensino Médio, evidenciando melhorias nas competências, cujos desempenhos variaram entre moderado e alto (3,44 a 3,77).

Ao comparar o desempenho entre estudantes do sexo masculino e feminino, verificou-se que as alunas apresentaram médias ligeiramente superiores, contudo, o teste t indicou que essa diferença não é estatisticamente significativa. Por fim, o estudo aponta que essa aplicação pode contribuir para a compreensão de como a ABP pode ser implementada de forma integrada à abordagem STEAM em sala de aula e auxiliar professores e alunos.

O artigo P4, de Rahmawati *et al.* (2019b), apresenta uma pesquisa qualitativa realizada com 32 estudantes do Ensino Médio na Indonésia, estruturada em cinco etapas: relacionamento, planejamento, desenvolvimento, cooperação e transferência, fundamentada na abordagem STEAM aplicada ao estudo de soluções eletrolíticas e não eletrolíticas na disciplina de Química. Para a coleta de dados, foram utilizadas rubricas avaliativas, diários de campo, observações e entrevistas semiestruturadas.

Na atividade proposta, os alunos desenvolveram um circuito de LED em miniatura utilizando fontes naturais, como limão e água salgada, e apresentaram seus resultados em uma exposição de projetos STEAM, por meio de pôsteres e vídeos. Durante o processo, a turma foi avaliada e obteve, na escala *Likert* (1 a 5), as seguintes pontuações: 4,1 em colaboração e comunicação; 4,03 em pensamento crítico; 4,1 em criatividade e inovação; e 4,0 no uso de ferramentas tecnológicas.

Em síntese, os autores concluíram que o projeto STEAM permitiu aos estudantes compreender melhor seu contexto local e cotidiano, além de aplicar conhecimentos de Química de forma prática, favorecer a autonomia na formulação de hipóteses e na realização de pesquisas.

O artigo P5, de Ridwan *et al.* (2020), apresenta uma pesquisa qualitativa desenvolvida com 33 estudantes do Ensino Médio na disciplina de Química, na Indonésia. O estudo teve como objetivo realizar um projeto STEAM por meio da ABP, integrando cinco fases (relacionamento, planejamento, desenvolvimento, cooperação e transferência) para construir

um dispositivo capaz de aspirar fumaça (poluentes) e filtrá-la por meio de processos de absorção.

Para acompanhar o andamento do projeto, desde seu início até a conclusão, foram utilizadas entrevistas, observações, diário de campo e um teste conceitual de química. Os dispositivos confeccionados pelos alunos utilizaram materiais de baixo custo, como papelão, tampas de garrafas PET e coolers de processador, entre outros.

Os resultados, segundo os autores, indicaram que os alunos demonstraram autonomia na elaboração de seus dispositivos, bem como na resolução de problemas e na discussão dos impactos ambientais decorrentes da poluição. Nesse sentido, o desenvolvimento de habilidades relacionadas a colaboração, comunicação, pensamento crítico, criatividade e cuidado, podem promover a consciência ambiental e incentivar atitudes e comportamentos mais favoráveis à proteção do meio ambiente.

No artigo P6, Domènech-Casal (2020) apresenta uma pesquisa quantitativa realizada com 18 estudantes do Ensino Médio (8 do sexo feminino e 10 do masculino) das disciplinas de Geologia e Biologia, na Espanha. O estudo teve como objetivo desenvolver um simulador de ecossistemas como projeto STEM, por meio da ABP, integrando as áreas de Ciências, Matemática e Tecnologia para programar algoritmos, calcular parâmetros e relacionar funções matemáticas previamente estudadas ao longo do ano letivo.

A coleta de dados foi realizada por meio da rubrica com escala *Likert* de 1 a 6 e de um teste aplicado ao final da intervenção, envolvendo as áreas integradas e não foram aplicadas avaliações diagnósticas. Organizados em grupos de três, os alunos utilizaram um *software* para programar e construir gráficos, que serviram de base para apresentação e discussão dos resultados. Foram realizados o teste de normalidade Shapiro-Wilk e o teste U de Mann-Whitney, que não revelaram diferenças significativas no desempenho entre estudantes do sexo feminino e masculino. Entretanto, a análise das rubricas indicou que os alunos apresentaram pontuação ligeiramente superior à das alunas na área de Matemática.

Segundo o autor, o projeto possibilitou integrar três componentes essenciais do STEM, promovendo o uso de ferramentas digitais, tecnologias e informações relevantes para o desenvolvimento de habilidades dos estudantes no estudo de ecossistemas. De modo geral, os desempenhos obtidos não foram elevados, o que levou o autor a sugerir a revisão da sequência didática, de forma a aprimorar o processo e oferecer instrumentos capazes de favorecer um desenvolvimento mais equilibrado das aprendizagens nas áreas envolvidas.

O artigo P7, de Mufida, Sigit e Ristanto (2020), apresenta uma pesquisa quantitativa realizada com 72 estudantes do Ensino Médio na Indonésia, na disciplina de Biologia sobre

ecossistemas. O objetivo do estudo foi analisar os efeitos do modelo de *e-Learning* aplicado à turma controle (36 alunos) em comparação com a abordagem STEAM integrada à Aprendizagem Baseada em Projetos *e-Learning* (PjBeL) utilizada na turma experimental (36 alunos).

As aulas e atividades foram realizadas por meio dos aplicativos *WhatsApp*, *Google Meet* e *Google Classroom*. Para a coleta de dados, os autores aplicaram os questionários de pré-teste e pós-teste voltado à avaliação do conhecimento científico e utilizaram diários de observação para examinar o processo de aprendizagem sob a perspectiva dos alunos, seguindo uma escala *Likert* de 1 a 5. A análise estatística descritiva, incluindo cálculos de variância e desvio-padrão, indicou que os estudantes da turma experimental apresentaram pontuações superiores às da turma controle nos questionários.

Na análise estatística inferencial, foram empregados o teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, o teste de homogeneidade de Levene e o teste t para amostras independentes. Os resultados mostraram que não havia diferenças significativas entre as turmas antes da intervenção, mas que após sua aplicação, a turma experimental obteve desempenho significativamente melhor que a turma controle.

Por fim, os autores concluem que a metodologia PjBeL constitui uma alternativa promissora para o desenvolvimento de habilidades essenciais no campo da biologia do ensino médio, como autonomia, criatividade e capacidade investigativa. Ademais, recomendam que pesquisas futuras incluam um acompanhamento mais próximo dos alunos, o que pode potencializar ainda mais os resultados.

O artigo P8, de Silva, Viana e Vilela Júnior (2020), apresenta uma pesquisa qualitativa realizada com 37 estudantes da disciplina de Robótica e Manufatura Flexível, pertencente ao curso Técnico Integrado ao Ensino Médio da Escola Técnica Estadual de São Paulo, em Mogi Mirim. O estudo adotou um estudo de caso descritivo fundamentado na metodologia da ABP, bem como nas metodologias ativas STEAM, Cultura *Maker*, ensino híbrido e sala de aula invertida.

Alinhadas à Educação 4.0 e ao incentivo ao pensamento crítico, à aprendizagem significativa, à inovação em sala e ao desenvolvimento de habilidades e competências, as aulas de robótica tornaram-se menos expositivas e mais experimentais, com atividades em laboratório que favoreceram a investigação, a criação de projetos e a resolução de problemas. A partir da sala de aula invertida, na qual os estudantes realizaram leituras prévias sobre os conteúdos abordados presencialmente, possibilitou reduzir o tempo dedicado à teoria e ampliar o período destinado às práticas experimentais. Organizados em grupos, os alunos desenvolveram robôs

de batalha e realizaram a programação em Arduino, garantindo a comunicação de dados de controle e o processamento de informações necessários para o funcionamento dos projetos. O uso de equipamentos e ferramentas semelhantes aos encontrados no ambiente industrial proporcionou maior aproximação com a realidade profissional. Além disso, *softwares* específicos permitiram à turma simular e manipular dois braços robóticos durante a realização das atividades propostas, permitindo treinar antes de efetuar a prática.

Os resultados, obtidos por meio da observação e de registros em diário de campo, evidenciaram a qualidade das apresentações dos projetos, nas quais os estudantes demonstraram seus conhecimentos em robótica e programação para toda a escola durante o evento EXPOETE, interagindo com o público e promovendo a troca de informações. Assim, os pesquisadores concluem que os cursos técnicos, ao promoverem o desenvolvimento científico, devem integrar múltiplas abordagens pedagógicas capazes de atender às demandas contemporâneas da sociedade.

No artigo P9, London (2022) apresenta uma pesquisa qualitativa e quantitativo realizada com 25 estudantes do Ensino Médio da disciplina de matemática em diferentes escolas de Haifa, em Israel. O estudo investigou os efeitos do programa de intervenção SMART, baseado na metodologia da ABP e na abordagem STEAM, no qual os alunos desenvolveram projetos integrando matemática, *design*, ciências e tecnologia.

Para a coleta de dados, foram aplicados questionários de pré-teste e pós-teste compostos por 40 afirmações avaliadas em escala *Likert* de 1 a 5, distribuídas em seis categorias: aprendizagem significativa e construtivista, incentivo à criatividade, estresse e ansiedade, estratégias de aprendizagem, motivação e interesse, e percepção de capacidade. A análise estatística descritiva incluiu o cálculo de média e desvio-padrão para cada categoria nos dois testes, revelando tendência positiva em quatro delas, enquanto a categoria “estresse e ansiedade” apresentou redução. Para verificar a significância das mudanças, utilizou-se o teste *t* pareado, que apontou aumentos estatisticamente relevantes nas categorias "motivação e interesse", bem como na "percepção de capacidade" após a intervenção.

Segundo o autor, o programa colocou o estudante no centro do processo educativo, favorecendo autonomia e permitindo que os projetos fossem desenvolvidos conforme seus interesses, conectando a matemática escolar ao cotidiano. Além disso, a autoconfiança se destacou, uma vez que os alunos se engajaram em atividades nas quais se sentiam mais seguros. Por fim, o pesquisador sugere buscar estratégias para envolver docentes, equipe gestora e demais interessados, de modo a viabilizar a implementação de práticas tecnológicas apoiadas por equipamentos adequados ao currículo trabalhado.

O artigo P10, de Fernandes e Zanon (2022), apresenta uma pesquisa qualitativa realizada com 19 estudantes do interior paulista, do Ensino Técnico Integrado ao Ensino Médio em Informática para Internet, abordando responsabilidade social e sustentabilidade por meio da integração da Robótica Educacional (RE) com a abordagem STEAM. O estudo teve como objetivo a realização do projeto STEAM em cinco etapas baseadas na metodologia da ABP: questão norteadora, sondagem, palestras, construção do protótipo e avaliação do protótipo. Os estudantes desenvolveram seus projetos utilizando lixo eletrônico e materiais de baixo custo, como LEDs, discos rígidos, baterias, pilhas e garrafas com foco na sustentabilidade.

Para a coleta de dados, foram utilizados um questionário com respostas abertas registrado no *Padlet*, além de gravações em áudio e vídeo. Durante o processo, também foi discutida a importância do descarte adequado de equipamentos eletrônicos, a fim de evitar danos ambientais. De acordo com os autores, alguns alunos já tinham noções sobre lixo eletrônico por meio da disciplina de Biologia e Química, mas desconheciam as formas corretas de descartá-lo, sendo frequentemente acumulados ou deixados em locais inadequados. A palestra ministrada por um professor especialista ajudou os estudantes a compreender o destino desses resíduos e a importância de seu descarte responsável.

Entre os projetos desenvolvidos, destacam-se um relógio montado a partir de um disco rígido, uma *beyblade* construída com tampa de detergente composta por fio, ímã e LED, e uma garrafa de vidro com LED. Esses trabalhos permitiram aos alunos demonstrar criatividade e autonomia durante a atividade prática. Os autores ressaltam que, mesmo diante da pandemia e das aulas híbridas, a aprendizagem por meio da construção dos protótipos foi positiva, promovendo colaboração, autoconfiança e consciência socioambiental, além de aumentar o interesse pela disciplina. Por fim, enfatizam a importância de oferecer oportunidades de formação docente na área de robótica, por meio de cursos mais aprofundados, possibilitando a integração entre diferentes disciplinas em projetos conjuntos.

No artigo P11, Hehakaya, Matdoan e Rumahlatu (2022) apresentam uma pesquisa quantitativa realizada com 96 estudantes de duas escolas de Ensino Médio, Maluku Tengah e Salahutu, na Indonésia. Em cada escola, houve uma turma experimental e uma turma controle, ambas compostas por 24 alunos. O objetivo do estudo foi analisar os efeitos da Aprendizagem Baseada em Projetos (PjBL) aplicada ao grupo experimental e da Aprendizagem Baseada em Problemas (PBL) utilizada no grupo controle, ambas integradas à abordagem STEAM, no ensino do conteúdo de ecossistemas.

Na metodologia PjBL, os alunos desenvolveram um projeto relacionando cálculos de área, densidade, taxa de evaporação, taxa de fotossíntese e níveis de oxigênio do ecossistema

escolhido. Já na metodologia PBL, os estudantes trabalharam na resolução de problemas por meio de experimentos, apresentando cálculos e medições. Em ambas as metodologias, os participantes foram orientados a realizarem pesquisas e investigações utilizando recursos da Internet. Para a coleta de dados, empregou-se um questionário dissertativo com perguntas distribuídas nas categorias aplicação, análise, síntese e avaliação, além de uma ficha de observação. Na análise estatística inferencial dos resultados de pré-teste e pós-teste, foi utilizado o teste de Levene, para avaliar a homogeneidade, o teste de Kolmogorov-Smirnov, para verificar a normalidade dos dados, além de ANCOVA e ANOVA para verificar os efeitos das duas metodologias.

Os resultados mostraram que a aplicação do PjBL proporcionou melhor desempenho na aprendizagem dos conceitos de ecossistema, refletido nas maiores médias dos estudantes, embora ambas as metodologias tenham se mostrado promissoras. Em síntese, os autores destacam o impacto positivo das metodologias na criatividade e na cognição dos alunos, embora a alfabetização digital tenha apresentado níveis baixos. Assim, evidenciam a dificuldade dos estudantes no uso de tecnologias digitais para realizar pesquisas sobre ecossistemas, sugerindo a busca por outras metodologias integradas a STEAM para o aprimoramento de habilidades.

No artigo P12, Galán *et al.* (2022) apresentam uma pesquisa qualitativa realizada com 37 alunos de um centro educativo em Barcelona, Espanha. Os participantes foram distribuídos em duas turmas: 29 estudantes (16 do sexo feminino e 13 do sexo masculino) das disciplinas de Biologia-Geologia e 8 estudantes (4 do sexo feminino e 4 do sexo masculino) da disciplina de Ciências Aplicadas. O estudo teve como objetivo o desenvolvimento do projeto “*Tras las huellas de la evolución*”, que consistia em um jogo de perguntas baseado nos conteúdos trabalhados sobre evolução ao longo de dez aulas de 50 minutos, além de atividades como elaboração de mapas conceituais e leitura de notícias.

Para a coleta de dados, os autores utilizaram uma rubrica com escala *Likert* de 1 a 4, destinada a avaliar o desempenho dos alunos em imaginação, investigação e persistência. Os resultados indicaram que a imaginação foi a habilidade mais desenvolvida, especialmente pela forma como os alunos relacionaram suas perguntas a elementos visuais por meio de produtos físicos.

Segundo os pesquisadores, as atividades e os resultados obtidos podem incentivar professores a integrar práticas criativas em sala de aula, promovendo maior autonomia dos estudantes na construção do conhecimento e fortalecendo sua autoconfiança. Contudo, observaram dificuldades dos alunos em conectar suas ideias ao conteúdo por meio de representações visuais, embora tenham apresentado maior facilidade na formulação das

perguntas. Assim, sugeriram ampliar o trabalho com atividades investigativas, de modo a favorecer o desenvolvimento e o reforço de outras habilidades. Para pesquisas futuras, recomendaram aumentar o número de participantes, incluir diferentes contextos escolares e analisar a consistência dos resultados encontrados.

O artigo P13, de Chung *et al.* (2022), apresenta uma pesquisa quantitativa e qualitativa realizada com 35 alunos de uma escola de Ensino Médio Técnico na disciplina de eletrônica em Taiwan, distribuídos aleatoriamente em oito grupos. O estudo teve como objetivo o desenvolvimento de um curso baseado na abordagem STEAM, explorando a tecnologia, ciência e eletrônica envolvidos em dispositivos vestíveis para animais de estimação, como coleiras e coletes, com foco no design.

Para a coleta de dados, foram aplicados questionários de pré-teste, pós-teste e satisfação ao longo das seis etapas propostas. Ao final das etapas, as equipes apresentaram o que haviam aprendido durante as palestras por meio dos projetos desenvolvidos, onde tiveram autonomia para criar e testar ideias. Também, os estudantes avaliaram a aplicação da imaginação nos projetos dos colegas, possibilitando a troca de informações e reflexão coletiva. A análise dos dados incluiu cálculos de média, desvio-padrão e teste t para amostras únicas, revelando que a maioria dos alunos percebeu uma aplicação positiva da imaginação, sobretudo na modelagem da aparência dos dispositivos. Na avaliação dos grupos, os estudantes reconheceram a presença da abordagem STEAM nos projetos apresentados, destacando elementos de criatividade.

Segundo os autores, não houve ganho expressivo nas competências científica e de engenharia. Contudo, observaram avanços nas competências tecnológica, artística e matemática, além de uma compreensão básica sobre dispositivos eletrônicos. A análise de correlação de Pearson apontou uma correlação positiva moderada entre as áreas STEAM e a imaginação relacionada com o design, e os trabalhos dos grupos apresentaram qualidade satisfatória, relacionada diretamente ao desempenho dos alunos. Por fim, os pesquisadores ressaltaram a efetividade das atividades tanto na interação quanto na aprendizagem dos estudantes. As avaliações também mostraram resultados positivos, indicando forte engajamento e desenvolvimento de conhecimento ao longo do curso. Para pesquisas futuras, recomendaram integrar o curso a temas do cotidiano dos alunos, explorando conteúdos com maior conexão direta com suas experiências.

No artigo P14, Ananda, Rahmawati e Khairi (2023) apresentam uma pesquisa qualitativa realizada com 41 estudantes de uma escola de Ensino Médio em Rangkasbitung, Banten, Indonésia. O estudo teve como objetivo o desenvolvimento de um projeto sobre o

processo químico de oxirredução utilizando a metodologia de Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), integrada à abordagem STEAM e às cinco etapas do *Design Thinking*: empatia, definição, ideação, prototipação e teste. Os alunos foram organizados em oito grupos e cada um trabalhou o uso cotidiano do detergente como exemplo de reação de oxirredução. Para a realização das seis aulas e atividades semipresenciais, foram utilizadas as plataformas *Edmodo*, *Google Jamboard* e *Zoom Meetings*.

A coleta de dados envolveu entrevistas, observações, diário de campo e rubricas com escala *Likert* de 1 a 4 aplicadas aos estudantes e uma entrevista semiestruturada para o professor da turma. A partir do problema da poluição da água causada pelo descarte inadequado de detergentes no Rio Ciujung, os alunos realizaram pesquisas em livros, artigos e sites, reunindo as informações em um documento de apresentação.

Após isso, os pesquisadores buscaram avaliar aspectos como reflexão, planejamento e mentalidade por meio dos resultados obtidos pelos alunos por meio de apresentações e realizações das atividades. Segundo os autores, a integração do *Design Thinking* com a ABP e a abordagem STEAM pode aprimorar habilidades e proporcionar novas experiências de aprendizagem em química relacionadas a problemas reais do cotidiano. No entanto, observaram que alguns alunos ainda apresentaram dificuldades em desenvolver criticidade e resolver as problemáticas propostas, pois em alguns momentos, foi necessário o auxílio do professor na seleção das informações mais relevantes.

O artigo P15, de Rachmawati *et al.* (2024a), apresenta uma pesquisa quantitativa realizada com 125 estudantes de uma escola de Ensino Médio em Java Oriental, Indonésia. O estudo teve como objetivo avaliar as habilidades de resolução de problemas relacionadas ao conteúdo de hidrostática na disciplina de Física.

Para a coleta de dados, foi aplicado um teste composto por seis questões dissertativas, pontuadas de 1 a 5. Para a análise descritiva, as pontuações foram convertidas para uma escala de 0 a 100, classificando-se como iniciantes os alunos com pontuação de 0 a 60, e como especialistas aqueles acima desse valor. Os resultados mostraram que a Pressão Hidrostática obteve a maior taxa de acertos, seguida da Lei de Pascal, enquanto a Lei de Arquimedes apresentou o menor desempenho. No total, 64 alunos alcançaram pontuação de 0 a 20 e 61 alunos obtiveram de 21 a 40, evidenciando que nenhum estudante obteve nota superior a 40, o que levou à classificação geral como iniciantes.

Ao analisar a pontuação média por questão, sendo as duas primeiras referentes à Lei de Pascal, a terceira e a quarta à Pressão Hidrostática, e a quinta e a sexta à Lei de Arquimedes, observou-se que apenas 12% dos estudantes na primeira questão, 2% na segunda questão e 13%

na terceira questão foram classificados como especialistas, enquanto todos os demais foram considerados iniciantes. Segundo os pesquisadores, esses resultados evidenciam falta de compreensão teórica, uma vez que os alunos não demonstraram capacidade de aplicar conceitos físicos para resolver as questões, recorrendo apenas a cálculos baseados em equações memorizadas. Diante disso, os autores recomendam que esses conteúdos sejam trabalhados por meio da Aprendizagem Baseada em Problemas integrada à abordagem STEAM, de modo a promover um aprendizado que favoreça o desenvolvimento de habilidades.

O artigo P16, de Rahmawati *et al.* (2024), apresenta uma pesquisa qualitativa realizada com 36 estudantes (18 do sexo masculino e 18 do sexo feminino) de uma escola de Ensino Médio em Jacarta, Indonésia, na disciplina de Química. O estudo teve como objetivo o desenvolvimento da alfabetização química por meio da integração de histórias sobre dilemas em um projeto STEAM voltado ao tema do petróleo, realizado ao longo de quatro semanas.

Para a coleta de dados, foram utilizadas entrevistas, diários de campo, observações, fichas de atividades e um teste de alfabetização química composto por cinco questões dissertativas, avaliadas em níveis de desempenho: muito baixo, baixo, moderado, bom e excelente. Os alunos foram estimulados a elaborar um projeto que solucionasse um problema cotidiano relacionado ao uso do petróleo. Após discussões da turma, os alunos foram organizados em seis grupos com cada um responsável por um tipo de projeto que abordasse combustível alternativo. Os grupos utilizaram materiais de baixo custo para desenvolver suas propostas e apresentá-las à turma ao final do processo. Os projetos produzidos incluíram: fogão elétrico simples, fogão solar, carro elétrico em miniatura, chaleira elétrica, fogão a biodiesel e fogão a briquetes de casca de arroz. Os resultados do teste indicaram que mais de 50% dos alunos alcançou nível de desempenho “bom” nas questões de química.

Por fim, os autores destacaram que os resultados sugerem o desenvolvimento da alfabetização química entre os estudantes. Além disso, o uso de histórias sobre dilemas mostrou-se eficaz para relacionar problemas do cotidiano ao conteúdo estudado. Os alunos também demonstraram pensamento crítico e criatividade, colaborando entre si e discutindo ideias. Para pesquisas futuras, os pesquisadores recomendaram integrar histórias sobre dilemas a projetos STEAM em outros conteúdos da química.

No artigo P17, Rachmawati *et al.* (2024b) apresentam uma pesquisa de abordagem quantitativa e qualitativa realizada com 30 estudantes do Ensino Médio de Java Oriental, na Indonésia, na disciplina de Física. O estudo teve como objetivo avaliar a habilidade de argumentação científica no conteúdo de hidrostática por meio de apresentações em PowerPoint

apoiada na metodologia da ABP integrada ao STEAM, contemplando reflexão, investigação, descoberta, aplicação e comunicação.

A coleta de dados envolveu uma redação de argumentação científica, entrevistas e um teste com cinco questões dissertativas aplicado como pré-teste e pós-teste. Para a análise dos resultados, foram utilizados o teste de Wilcoxon, o N-gain, o tamanho do efeito d , técnicas de redução de dados e classificação de desempenho em cinco níveis: (1) extremamente fraco, (2) fraco, (3) moderado, (4) forte e (5) extremamente forte.

Os resultados indicaram aumento nas médias das habilidades de argumentação científica entre o pré e o pós-teste. A análise quantitativa reforçou a existência de avanços no aprendizado e na capacidade de comunicação científica dos estudantes. Contudo, alguns alunos apresentaram dificuldades nos assuntos da Lei de Pascal, da Lei de Arquimedes e da pressão hidrostática, pois suas respostas focaram apenas na densidade do fluido ou no formato do recipiente, desconsiderando outros fatores relevantes. Por fim, os autores ressaltam o impacto positivo da intervenção na compreensão conceitual dos estudantes: 60% apresentaram melhora, enquanto 40% ainda necessitam de reforço. Como recomendação, sugerem a realização de estudos futuros com turmas controle e experimental, possibilitando comparar desempenhos e aprofundar o desenvolvimento das competências e habilidades.

De modo geral, os pesquisadores dos artigos selecionados e analisados, destacaram a relevância da aplicação da Aprendizagem Baseada em Projetos integrada à abordagem STEAM no Ensino Médio. No entanto, apesar de haver um número considerável de artigos que sustentam essa conclusão, ainda é limitada a quantidade de pesquisas nacionais que explorem práticas STEAM. Entre os artigos analisados, cinco artigos (P6, P7, P11, P13 e P15) adotaram uma abordagem quantitativa, oito (P2, P4, P5, P8, P10, P12, P14 e P16) seguiram uma abordagem qualitativa e quatro (P1, P3, P9 e P17) utilizaram a abordagem mista, o que evidencia o interesse em compreender não apenas dados objetivos, mas também aspectos subjetivos envolvidos nas práticas investigadas.

4 METODOLOGIA

Esta seção é destinada a metodologia que será utilizada no decorrer da pesquisa. Contendo a caracterização da pesquisa, descrição do local de estudo, público-alvo, procedimento da pesquisa, instrumentos de coleta de dados, artefato e procedimento de análise de dados.

4.1 Caracterização da pesquisa

A pesquisa adotou uma abordagem quanti-qualitativa, descritiva e de natureza aplicada, empregando uma pesquisa de intervenção como estratégia metodológica. A intervenção é definida por Damiani *et al.*, (2013, p. 58), como “[...] investigações que envolvem o planejamento e a implementação de interferências (mudanças, inovações) – destinadas a produzir avanços, melhorias, nos processos de aprendizagem dos sujeitos que delas participam – e a posterior avaliação dos efeitos dessas interferências”. Essa estratégia possui o intuito de tornar os sujeitos da pesquisa em protagonistas, ou seja, incentivar a autonomia e maior controle sobre seu processo de aprendizagem, com a finalidade de promover diálogo em um ambiente colaborativo, onde os alunos possam compartilhar ideias e conhecimentos (Pereira, 2021).

A abordagem qualitativa é utilizada para explorar e interpretar fenômenos com base nas percepções, discursos e experiências dos participantes. Ela envolve a coleta de dados descritivos, como entrevistas e observações, permitindo uma compreensão profunda das motivações e relações sociais no contexto investigado. Em contraste, a abordagem quantitativa foca na mensuração e análise objetiva de variáveis, coletando dados numéricos via questionários estruturados e experimentos. Isso possibilita análises estatísticas para testar hipóteses e generalizar resultados, oferecendo evidências robustas aplicáveis a contextos mais amplos. Em síntese, a combinação de métodos qualitativos e quantitativos proporciona benefícios adicionais, permitindo tanto um estudo detalhado dos fenômenos quanto uma avaliação sistemática dos resultados. Portanto, o investigador deve escolher as estratégias mais adequadas de acordo com o caráter específico do estudo (Mineiro; Silva; Ferreira, 2022). A pesquisa explorou a geração de energia através do fenômeno de indução eletromagnética e analisou seus impactos socioambientais.

4.2 Descrição do local de estudo e participantes da pesquisa

O público-alvo desta pesquisa foram duas turmas de Ensino Médio Técnico do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará (IFCE), *campus* Fortaleza, compostas por 17 estudantes do curso de Química e 19 estudantes do curso de Mecânica. A pesquisa aplicada foi o Curso de Indução Eletromagnética em Fontes de Energias Renováveis, inserido nas aulas de eletricidade e eletromagnetismo. O curso explorou a transformação de energia elétrica por meio da indução eletromagnética em fontes de energia renováveis.

Os alunos da turma de Mecânica foram identificados pela letra A, seguida de um número sequencial (por exemplo, A1). Já os alunos da turma de Química foram identificados pela letra B, também acompanhada de um número sequencial (por exemplo, B1), de modo a facilitar a apresentação e a compreensão das discussões e análises realizadas. A pesquisa foi submetida previamente ao Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) e aprovado sob o Certificado de Apresentação de Apreciação Ética (CAAE) pelo número: 85918924.0.0000.5589 (Anexo A). A coleta de dados foi iniciada apenas após a aprovação desta pesquisa pelo CEP/IFCE via Plataforma Brasil¹.

Os participantes foram escolhidos com base em conhecimentos prévios adequados ao semestre em curso. Foram excluídos alunos que não participaram dos questionários diagnósticos e avaliativos finais. Essa seleção busca minimizar favorecimentos na compreensão do conteúdo, assegurando maior precisão nos dados, o que é fundamental para a confiabilidade da intervenção. A prática foi intensificada por meio de experimentação e da apresentação do artefato, promovendo a interação entre conceitos teóricos e suas aplicações práticas.

4.3 Procedimento da pesquisa

O procedimento de pesquisa foi estruturado em quatro fases: diagnóstico, desenvolvimento, etapas STEAM e avaliação, realizadas para ambas as turmas de Mecânica e Química, conforme exibido no Quadro 9.

Quadro 9 – Fases de atividades da intervenção

Fases da pesquisa	Turmas	
	Mecânica	Química
1ª etapa: Diagnóstico	X	X
2ª etapa: Desenvolvimento	X	X
3ª etapa: Etapas STEAM	X	X
4ª etapa: Avaliação	X	X

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

¹ Plataforma Brasil. Disponível em: <https://plataformabrasil.saude.gov.br/login.jsf>. Acesso em: 07 de dez. 2025.

Antes do início das atividades, foi apresentado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) para que os estudantes, responsável pelo(a) estudante e o professor regente pudessem assinar, formalizando sua participação na pesquisa. Esse procedimento visa garantir a transparência e o cumprimento das diretrizes éticas da investigação.

Na primeira fase, chamada “diagnóstico”, foi introduzido o objeto de pesquisa e a contextualização a ser abordada. Essa fase incluiu a aplicação de um pré-teste de conhecimento, além de um questionário voltado para a caracterização social dos participantes e aprendizagem.

Durante a segunda fase de “desenvolvimento”, foram abordados os conceitos físicos fundamentais para a compreensão da indução eletromagnética. Entre os tópicos explorados estão: campo magnético de um ímã, propriedades dos ímãs, campo magnético gerado por correntes elétricas, campo magnético no interior de uma bobina longa (solenóide), imantação por corrente elétrica (eletroímã), força magnética, indução eletromagnética, fluxo magnético, corrente induzida, Lei de Lenz, Lei de Indução de Faraday e aplicações tecnológicas.

Para facilitar a visualização dos conceitos abordados, foram utilizadas a simulação "Laboratório Eletromagnético de Faraday" no PhET² e as simulações "A Regra da Mão Direita" e "Motor Elétrico Simples" no Vascak³. Além disso, foram realizados pequenos experimentos práticos, como um eletroímã e um motor elétrico simples.

Para contextualizar, houve discussão dos impactos sociais e ambientais relacionados à produção de energia elétrica renovável no Brasil com apoio de textos. Além disso, foram levantados questionamentos sobre a substituição e ampliação de fontes de energia, estimulando uma reflexão crítica.

Na terceira fase, as etapas STEAM, conforme descritas por Nunes, Fraiha e Perez (2023), os alunos formaram grupos para confeccionar um artefato, ao final, as equipes apresentaram esses artefatos, relatando as problemáticas socioambientais e conceitos físicos, organizados em equipes. Assim, tiveram a oportunidade de aplicar suas pesquisas, criando um aparato experimental com materiais de baixo custo que utilize a indução eletromagnética para demonstrar visualmente a transformação de energia elétrica. Este foi um momento de criatividade e inovação. Os estudantes contaram com o suporte de materiais complementares, como livros, vídeos e textos auxiliares.

² PhET – Physics Education Technology. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 10 dez. 2024.

³ Vascak - Vladimír Vascak Secondary Technical School Zlín. Disponível em: <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>. Acesso em: 10 dez. 2024.

Por fim, na quarta fase de “avaliação”, os estudantes avaliaram seus próprios desempenhos via rubrica, responderam o pós-teste de conhecimento e o questionário de satisfação e aprendizagens, permitindo uma reflexão sobre seu aprendizado.

4.4 Instrumento de coleta de dados

Na fase de exploração inicial, foi realizada uma avaliação diagnóstica sobre indução eletromagnética e outros materiais. Na etapa de avaliação da aprendizagem, utilizou-se uma rubrica para a avaliação e outra para autoavaliação, além de um questionário docente focado nas atividades e nas aprendizagens dos estudantes.

Durante a produção do aparato experimental, a interdisciplinaridade das cinco áreas do STEAM foi fundamental, proporcionando aos alunos a liberdade para construir e modelar seus experimentos. Para avaliar esse processo, foi utilizada uma rubrica que permitiu ao pesquisador identificar a colaboração e o engajamento dos estudantes na prática.

Descrição dos materiais de coleta de dados que foram utilizados no trajeto da pesquisa pelos estudantes, professor(a) titular e pesquisador. Aplicaram-se sete (08) materiais avaliativos, que foram:

1. Questionário de Pré-teste (APÊNDICE A) e Pós-teste (APÊNDICE B), que foram focados nos conteúdos de indução eletromagnética e fontes de energia renováveis, foram aplicados no início e no final do curso, respectivamente. O objetivo foi avaliar os conhecimentos prévios dos alunos e medir o aprendizado obtido ao longo do curso. Cada questionário contém 20 perguntas de múltipla escolha, cada uma com cinco alternativas. Com base em alguns estudos (Pezzin, 2022; Ranquetat, 2025; Sarmento *et al.*, 2013; Stratton, 2019), foi definido o pré-teste e pós-teste com questões diferentes, tentando minimizar o chamado “efeito do teste”. Esse efeito ocorre quando o indivíduo é exposto as mesmas questões e mesmas respostas, possibilitando uma melhoria no desempenho pela repetição e não necessariamente por aprendizagem. Ademais, buscando manter a similaridade das questões para os mesmos conteúdos abordados e possibilitar a equivalência, os temas selecionados foram: corrente elétrica (pré-teste: 4 questões e pós-teste: 4 questões), ímã (pré-teste: 4 questões e pós-teste: 2 questões), campo magnético (pré-teste: 3 questões e pós-teste: 3 questões), indução eletromagnética (pré-teste: 2 questões e pós-teste: 3 questões), imantação (pré-teste: 2 questões e pós-teste: 3 questões), geração de energia e impactos positivos e negativos de fontes de energia

renováveis e não renováveis (pré-teste: 5 questões e pós-teste: 5 questões), conforme organizados no Quadro 10.

Quadro 10 – Categorização dos assuntos do pré-teste e pós-teste

Assunto	Questões do pré-teste	Questões do Pós-teste	Necessário para responder
Corrente elétrica	1, 2, 3 e 10	1, 2, 3 e 10	Compreender o comportamento da corrente contínua e alternada e seus sentidos convencional e real. Também deveria entender a diferença entre cargas positivas e negativas. Além disso, era necessário conhecer condutores elétricos e isolantes.
Propriedades do ímã	4, 5, 6 e 7	4 e 7	Compreender os domínios magnéticos e a impossibilidade de isolar polos de um ímã. Também deveria conhecer as interações entre polos magnéticos, como atração e repulsão, além da orientação das linhas de campo. Além disso, era necessário entender o comportamento de diferentes materiais quando expostos a um campo magnético externo.
Campo magnético	8, 11 e 14	5 e 6	Compreender o campo magnético da Terra, sua orientação em relação aos polos geográficos e sua função de proteção contra ventos solares. Também deveria entender o comportamento dos materiais ferromagnéticos e sua magnetização por alinhamento de dipolos. Além disso, era necessário relacionar cargas em movimento e a definição de campo magnético como região associada a ímãs e correntes elétricas.
Indução eletromagnética	9 e 15	8, 9, 14 e 15	Compreender campo magnético e indução eletromagnética e suas diferenças. Na indução, a variação do campo magnético gera uma força eletromotriz e corrente elétrica, segundo Faraday e Lenz. Também entender o conceito de corrente elétrica.
Imantação	12 e 13	11, 12 e 13	Compreender os processos de imantação, como indução magnética, atrito e ação da corrente elétrica em condutores. Também era necessário entender a magnetização de materiais ferromagnéticos, que são atraídos por ímãs. Além disso, esses materiais, quando utilizados como núcleo de um solenoide, aumentam a intensidade do campo magnético.
Geração de energia	16 a 20	16 a 20	Compreender o funcionamento da geração de energia, incluindo a conversão energética em dispositivos como o dínamo, baseada na indução eletromagnética. Também era necessário diferenciar fontes renováveis e não renováveis, considerando sua renovação e impactos ambientais. Além disso, deveria reconhecer os impactos

			socioambientais associados às fontes de energia, como poluição e esgotamento de recursos.
--	--	--	---

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

2. Questionário de Caracterização social do(a) aluno(a) e aprendizagem da disciplina de física, que permitiu a coleta de informações relevantes sobre idade, gênero, desempenho em Física e conhecimento geral de Física, para contribuir na análise do perfil dos envolvidos no estudo, sem a necessidade de revelação de suas identidades, garantindo o anonimato e minimizando eventuais constrangimentos.
3. O material da atividade prática (Ver Quadro 11) fundamentado nas pesquisas de Appelt (2022), Cabral (2022) e Watson e English (2017), foi entregue para cada equipe que permitiu os estudantes investigassem e visualizassem a conversão da energia cinética em energia elétrica por meio do fenômeno de indução eletromagnética.

Quadro 11 – Atividade prática de investigação

EQUIPE:	
PERGUNTA:	
HIPÓTESE:	
MATERIAIS:	
PROCEDIMENTOS:	
REPRESENTAÇÃO (DESENHO):	
RESULTADOS:	CONCLUSÕES:
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Dessa forma, conceitos físicos abstratos foram concretizados, possibilitando que os alunos vissem e tocassem o resultado, o que pode contribuir para um aprendizado mais envolvente e significativo.

4. Rubrica de Avaliação do Pesquisador forneceu uma análise objetiva e externa sobre os grupos, assegurando consistência na aplicação dos cinco critérios definidos em uma escala numérica *Likert* de: 1 (insuficiente), 2 (regular), 3 (bom) e 4 (ótimo), conforme é exibido no Quadro 12.

Quadro 12 – Rubrica de avaliação

Critérios	Escala numérica Likert			
Planejamento e organização	4	3	2	1
Participação ativa e reflexiva	4	3	2	1
Resolução de problemas	4	3	2	1
Criatividade e inovação	4	3	2	1
Comunicação e argumentação científica	4	3	2	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

5. Rubrica de Autoavaliação permitiu aos participantes refletirem sobre seu desempenho e atribuírem nível de concordância conforme os nove critérios definidos em uma escala numérica *Likert* de: 1 (insuficiente), 2 (regular), 3 (bom) e 4 (ótimo), como mostrado no Quadro 13.

Quadro 13 – Rubrica de autoavaliação

Critérios	Escala numérica Likert			
Compreendi os conceitos de indução eletromagnética aplicados no projeto.	4	3	2	1
Fui capaz de buscar conhecimentos e aprender durante o projeto.	4	3	2	1
Colaborei e me comuniquei com os membros do grupo durante o desenvolvimento das atividades.	4	3	2	1
Ajudei a resolver problemas e enfrentei desafios com autonomia e criatividade.	4	3	2	1
Apresentei ideias novas e criativas para melhorar o projeto.	4	3	2	1
Usei os conceitos de Física corretamente no projeto.	4	3	2	1
Contribuí para o projeto ter clareza, organização e eficácia.	4	3	2	1
Participei ativamente de todas as etapas do projeto, do início ao fim.	4	3	2	1

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

6. Questionário de Satisfação e Aprendizagens (APÊNDICE C) foi aplicado ao final do curso com o objetivo de verificar o nível de satisfação dos participantes em relação às aulas e atividades realizadas, buscando coletar as opiniões dos estudantes.
7. Questionário do Professor Regente das Turmas Sobre as Atividades e Aprendizagens dos Estudantes (APÊNDICE D), que serviram para coletar informações sobre suas percepções em relação ao aprendizado dos alunos ao longo do processo. Essa abordagem permitiu ao pesquisador obter uma visão ampla, considerando tanto as opiniões dos alunos quanto as do professor regente das turmas, proporcionando uma análise mais abrangente do impacto pedagógico do estudo.

4.5 Atividades desenvolvidas

A pesquisa foi estruturada com dois momentos da fase documental, para a entrega e recebimento do TCLE e TALE, e em quatro fases destinada as atividades ao longo de 7 horas-aula de 60 minutos, distribuídas em encontros vespertinos, com uma combinação de momentos teóricos e práticos em sala de aula, com o objetivo de facilitar a identificação das atividades e fases envolvidas, observe o Quadro 14.

Quadro 14 – Cronograma de atividades da intervenção

Atividades	Período	Fases
Pré-teste de conhecimento; Caracterização social e aprendizagem na disciplina de física.	03/07/2025	Diagnóstico
Discussão sobre os impactos sociais e ambientais da produção, distribuição e consumo de energia elétrica no Brasil; Leitura de textos auxiliares; Questionamentos sobre a substituição e/ou ampliação de fontes renováveis.	08/07/2025	Desenvolvimento
Explicação dos conceitos físicos sobre a indução eletromagnética (Lei de Faraday); Simulação; laboratório de eletromagnético de Faraday; Elaboração de equipes para aprofundamento, produção e apresentação do artefato;	10/07/2025	
Continuação da explicação dos conceitos físicos sobre a indução eletromagnética (Lei de Faraday); Simulação: a regra da mão direita e motor elétrico simples.	15/07/2025	
Confecção, investigação e apresentação do artefato Atividade prática: artefato Rubrica de avaliação do pesquisador.	22/07/2025 24/07/2025	Etapas STEAM
Rubrica de autoavaliação sobre a atividade do artefato desenvolvida; Pós-teste de conhecimento; Questionário de satisfação e aprendizagens desenvolvidas; Questionário do professor regente das turmas sobre a aprendizagem dos discentes durante as atividades.	29/07/2025	Avaliação

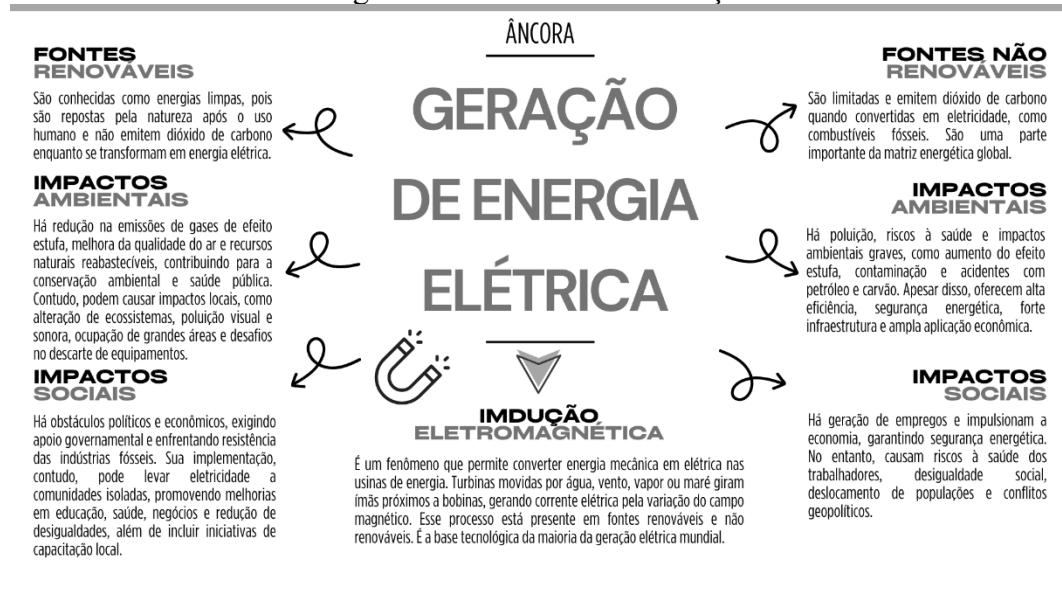
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

As turmas de Mecânica e Química tiveram a mesma carga horária, receberam as mesmas aulas e utilizaram os mesmos materiais, diferenciando-se apenas pelo horário: Mecânica ocorreu nas duas primeiras aulas da tarde, enquanto Química foi ministrada nas duas últimas. Assim, as atividades desenvolvidas não sofreram alterações, exceto na Etapa STEAM, que variou conforme o artefato e a investigação escolhidas pelas equipes. Na primeira etapa, foi aplicado o pré-teste (APÊNCIDE A), no qual foram abordados conteúdos como corrente elétrica, magnetismo, indução eletromagnética e fontes de energia. Da mesma forma, foi aplicado o questionário de caracterização social dos estudantes e de suas aprendizagens em

Física (APÊNCIDE B), contendo questões relacionadas ao perfil social e ao processo de aprendizagem na disciplina.

Na segunda etapa, foram realizadas três aulas. Na primeira aula, iniciou-se a discussão sobre a problemática dos impactos ambientais e sociais provocados pelas usinas de energia renováveis e não renováveis, bem como seus impactos econômicos e políticos para a região do Ceará e para alguns países, especialmente o Brasil. Também foram apresentados dados sobre a produção de energia no Brasil e sua ampla diversidade regional em relação aos tipos de usinas. Após isso, foi entregue a âncora (Figura 8) com um resumo dos assuntos discutidos.

Figura 8 – Âncora da intervenção



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Na segunda aula, iniciou-se a abordagem teórica sobre a descoberta da magnetita, comumente conhecida como ímã. A partir disso, foram apresentados os conceitos de campo magnético em ímãs e suas interações quando polos iguais ou opostos são aproximados, sejam eles norte ou sul. Por meio de demonstrações práticas com ímãs em barra, em “U” e em disco, foi possível observar o comportamento e a orientação das linhas de campo magnético utilizando uma placa e um cubo de acrílico contendo limalha de ferro, com o objetivo de favorecer a visualização da interação com o campo magnético.

Nesse momento, os alunos tiveram a oportunidade de manipular os aparatos, possibilitando uma compreensão mais prática dos conceitos, além de compartilhar suas percepções e entendimentos com os colegas. Também foi abordada a utilidade da bússola nas navegações e na orientação territorial, bem como o princípio físico por trás de seu funcionamento, relacionado ao campo magnético terrestre. Os alunos puderam manusear a

bússola e compreender o comportamento de sua agulha, que se assemelha a um ímã, possuindo polo norte e sul, conforme a Figura 9.

Figura 9 – Aula expositiva e manuseio do ímã



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Na terceira aula, deu-se início ao estudo da descoberta de Ørsted e da Lei de Ampère, nas quais se estabelece que uma corrente elétrica em um fio gera um campo magnético. A partir disso, foram apresentadas a orientação e a forma de determinar o campo magnético em um fio longo, em uma espira e em um solenoide, todos percorridos por corrente elétrica. Para tal, foi ensinada a regra da mão direita, possibilitando aos alunos retomar a definição e o sentido da corrente elétrica convencional (Figura 10).

Figura 10 – Aula expositiva e demonstrativa da bússola



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Destacou-se que esses condutores, quando percorridos por corrente elétrica, apresentam comportamento semelhante ao de um ímã, possuindo polo norte e sul, sendo, portanto, denominados ímãs temporários, uma vez que podem ser ligados ou desligados conforme a

aplicação de tensão elétrica. Para ilustrar esses conceitos, foram utilizados experimentos práticos, como o motor de corrente contínua (CC) e o eletroímã.

Em seguida, a Lei de Faraday foi apresentada de forma prática, demonstrando que o movimento de um ímã permanente ou temporário em relação a uma espira, bobina ou solenoide resulta no surgimento de energia elétrica em um circuito fechado. Para auxiliar na visualização e na abstração dos conceitos apresentados, utilizou-se o simulador PhET, por meio do Laboratório de Faraday, no qual foi possível observar o surgimento da corrente elétrica e a oposição do campo magnético ao movimento de aproximação e afastamento do ímã em relação à bobina, abordando-se, assim, a Lei de Lenz (Figura 11).

Figura 11 – Aula expositiva e simulação



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Por fim, estabeleceu-se a relação entre a geração de energia elétrica em motores, geradores e equipamentos que dependem da indução eletromagnética para funcionar, fazendo-se uma analogia com as turbinas de usinas renováveis e não renováveis, nas quais esse fenômeno é essencial para a conversão de energia. Os experimentos práticos realizados incluíram: gerador de energia a manivela, dínamo simples, conexão entre dois motores CC e bobina conectada a um LED com a variação do movimento de um ímã. Nesse momento, os alunos tiveram liberdade para manusear os aparatos, modificar as interações, dialogar e realizar questionamentos, tornando a aula mais dinâmica e enriquecedora em termos de aprendizagem e investigação científica.

Na terceira etapa, destinada às atividades da Etapa STEAM, foi apresentada aos alunos a atividade prática (Quadro 11) com o objetivo de orientar a investigação dos grupos. Na turma de Mecânica, foram formados quatro grupos, enquanto na turma de Química foram organizados

três grupos, que desenvolveram a investigação ao longo de duas aulas. A primeira aula foi destinada à definição do nome da equipe, à formulação da pergunta de pesquisa e da hipótese, à escolha dos materiais e à elaboração do procedimento experimental. Na segunda aula, os grupos representaram o artefato por meio de desenhos e realizaram sua montagem para a investigação, envolvendo a experimentação, a coleta de resultados e a formulação da conclusão. Por fim, cada grupo apresentou seus resultados e conclusões, fundamentados no fenômeno da indução eletromagnética.

Na quarta etapa, foram aplicados a rubrica autoavaliativa, o pós-teste e o questionário de satisfação (APÊNDICE C), com o objetivo de verificar o desempenho dos estudantes por meio de questões teóricas, bem como analisar a autoavaliação e o nível de satisfação em relação à intervenção e ao processo de aprendizagem.

4.6 Procedimento de análise dos dados

Este estudo utilizou métodos mistos de pesquisa e foram analisados o desempenho dos alunos antes e após as atividades, e as estratégias e aprendizados desenvolvidos pelos alunos. Para isso, foram empregadas análises descritivas e inferenciais. Foram aplicados o Pré-teste (APÊNDICE A) e o Pós-teste (APÊNDICE B), que serviram para avaliar o desempenho dos alunos no início e no final do curso. Cada teste foi composto por 20 questões de múltipla escolha, composto por 15 questões de física e 5 questões de fontes de energia, contendo cinco alternativa (a, b, c, d, e), sendo atribuído 0,5 ponto para cada resposta correta e 0,0 ponto para respostas incorretas.

A partir da média das turmas no pré-teste e pós-teste, foi considerado como nível de desempenho (Quadro 15) a escala: Ótimo (9,00 a 10 pontos), Bom (7,00 a 8,99 pontos), Regular (5,00 a 6,99 pontos) e Insuficiente (menor que 5,00 pontos), seguindo a premissa de categorizações adotadas por alguns autores, como Amorim *et al.* (2022), Hoe *et al.* (2019) e Malik e Alam (2019).

Quadro 15 – Categorização do nível de desempenho pela média das turmas

Desempenho	Média da turma
Insuficiente	Menor que 5,00 pontos
Regular	5,00 a 6,99 pontos
Bom	7,00 a 8,99 pontos
Ótimo	9,00 a 10 pontos

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Como etapa inicial, realizou-se a análise de conteúdo dos seguintes instrumentos aplicados às turmas de Mecânica e Química: questionário de caracterização social e de aprendizagem em Física (APÊNDICE B), atividade prática e o questionário do professor regente sobre as atividades e aprendizagens dos estudantes (APÊNDICE H).

Segundo Moraes (1999, p. 2)

A análise de conteúdo constitui uma metodologia de pesquisa usada para descrever e interpretar o conteúdo de toda classe de documentos e textos. Essa análise, conduzindo a descrições sistemáticas, qualitativas ou quantitativas, ajuda a reinterpretar as mensagens e a atingir uma compreensão de seus significados num nível que vai além de uma leitura comum.

Dessa forma, esta pesquisa baseou-se na descrição de Moraes (1999) e no estudo de Pezzin (2022), onde é apresentado a análise de conteúdo em cinco etapas: preparação das informações, transformação do conteúdo em unidades, classificação dessas unidades em categorias, descrição dos resultados da análise de conteúdo e interpretação. O cumprimento rigoroso dessas etapas é essencial para garantir a correta identificação e codificação dos materiais, a definição de temas, unidades e contextos, a categorização adequada, a organização dos resultados e a interpretação fundamentada tanto na teoria quanto nos dados coletados.

Mediante a isso, Rodrigues (2021, p.159), afirma que

Embora a pesquisa qualitativa esteja emaranhada na subjetividade do pesquisador que será o intérprete da problemática na qual está imerso, é preciso ressaltar que o valor científico deste tipo de pesquisa depende fundamentalmente da descrição do que ele observa. O fato de o pesquisador vivenciar a pesquisa dá a ele a oportunidade de explicar significativamente e com propriedade os fenômenos. Especificamente quanto ao método qualitativo, pode-se observar que seus conceitos são flexíveis. A forma ou significado de determinados indivíduos ou grupos frente a uma temática resultarão numa questão social ou singular investigativa que será analisada por meio de acervos interpretativos que caracterizam o construtivismo científico que sustenta a concepção de realidade do estudo.

Portanto, como alguns trabalhos (Damin; Santos Junior; Pereira, 2017; Detoni, 2016; Gouveia, 2022; Oliveira, 2025; Rosa, 2009; Santos, 2017), as observações e interpretações das experiências coletadas na pesquisa através de materiais, como questionários ou entrevistas, oportunizam uma análise dos dados de cunho interpretativo pela análise de conteúdo (Pereira, 2023; Silva, 2023; Teixeira, 2024).

Segundo Sousa *et al.* (2022, p. 181), “A análise estatística descritiva possibilita a caracterização das etapas parciais para cada indicador”, a partir das descrições de média, mediana, moda, amplitude, variância e desvio-padrão. A partir disso, foram utilizados tabelas,

gráficos e medidas de dispersão e tendência central para representar os dados do pré-teste e pós-teste de cada turma, de modo, a contribuir com comparações quantitativas pontuais do índice de desempenho inicial e final de cada turma (Esser; Clement, 2023; Mancuso *et al.*, 2019; Silva, 2025; Souza, 2019). No entanto, a pesquisa não precisa se privar apenas a apresentação de dados para comprovar rigor científico, podendo diante de aporte teórico, possibilitar a construção de conhecimento científico.

Ademais, avaliou-se a normalidade das diferenças entre as notas do pós-teste e do pré-teste por meio dos testes de Kolmogorov–Smirnov, com correção de Lilliefors, e de Shapiro–Wilk. Posteriormente, aplicou-se o teste t de Student para amostras pareadas, em sua forma bilateral. Esses procedimentos permitiram analisar dados pareados, verificar a normalidade e examinar a evolução da turma, bem como realizar comparações mais detalhadas por meio da análise estatística inferencial.

Por fim, a rubrica para avaliação da atividade do artefato (APÊNDICE D), a rubrica autoavaliativa (APÊNDICE E) e o questionário de satisfação (APÊNDICE G) foram analisados a partir da classificação do Ranking Médio (RM). Proposto por Oliveira (2005), é utilizado para analisar o grau de satisfação dos participantes, que nesse caso, quanto mais próximo o RM do valor 4, maior será esse grau de satisfação, e quanto mais próximo do valor 1, menor será esse grau de satisfação. Portanto, calculamos o RM da seguinte forma:

$$RM = \frac{\sum_{i=1}^4 (f_i \cdot v_i)}{NS}, \quad (21)$$

onde f_i é a frequência observada de cada resposta para cada afirmação, v_i é o valor de cada resposta e NS é o número de sujeitos, ou seja, quantidades de entrevistados (Almeida Júnior, 2019; Araújo, 2023).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção são apresentados os resultados da pesquisa, obtidos por meio de questionários e rubricas. Os dados estão organizados em nove (09) subseções: perfil dos sujeitos da pesquisa (5.1); descrição do pré-teste (5.2); análise do desempenho no pré-teste (5.3); descrição da atividade prática (5.4); descrição do pós-teste (5.5); análise do desempenho no pós-teste (5.6); análise comparativa do desempenho entre o pré-teste e o pós-teste (5.7); questionário de satisfação (5.8); e percepções do professor regente das turmas (5.9).

5.1 Caracterização dos sujeitos da pesquisa

As caracterizações sociais dos participantes, juntamente com suas percepções sobre a aprendizagem da disciplina de Física (APÊNDICE B), foram coletadas e analisadas a fim de contextualizar e embasar socialmente os resultados obtidos antes e depois da intervenção, apoiados em alguns estudos (Oliveira, 2025; Pereira, 2023). O Quadro 16 apresenta a distribuição de idade, gênero, desempenho em Física e conhecimento geral de Física declarada pelos alunos da turma de Mecânica.

Quadro 16 – Categorização social dos sujeitos da pesquisa da turma de Mecânica

Turma de Mecânica				
Aluno	Idade	Gênero	Desempenho em Física	Conhecimento geral de Física
A1	17 anos	Feminino	Regular	Regular
A2	16 anos	Masculino	Regular	Bom
A3	17 anos	Feminino	Bom	Regular
A4	16 anos	Masculino	Não muito bom	Insuficiente
A5	16 anos	Masculino	Não muito bom	Regular
A6	16 anos	Feminino	Regular	Insuficiente
A7	16 anos	Masculino	Regular	Regular
A8	16 anos	Feminino	Não muito bom	Insuficiente
A9	17 anos	Feminino	Não muito bom	Regular
A10	Acima de 18 anos	Masculino	Bom	Bom
A11	Acima de 18 anos	Feminino	Muito bom	Bom
A12	17 anos	Masculino	Regular	Insuficiente
A13	16 anos	Masculino	Não muito bom	Insuficiente
A14	16 anos	Masculino	Muito bom	Bom
A15	16 anos	Masculino	Regular	Regular
A16	17 anos	Não informado	Não muito bom	Regular
A17	Acima de 18 anos	Masculino	Bom	Regular
A18	17 anos	Feminino	Não muito bom	Muito insuficiente
A19	Acima de 18 anos	Masculino	Não muito bom	Insuficiente

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Observa-se, a partir do Quadro 16, que 47,36% dos estudantes da turma de Mecânica têm 16 anos, 31,58% 17 anos e 21,05% mais de 18 anos. Quanto ao gênero, 57,89% indicam ser do gênero masculino e 36,84% do gênero feminino. Em relação ao desempenho em Física, 36,84% declararam que costumam obter notas entre 6 e 7 e outros 36,84% abaixo de 6, enquanto 15,79% ficaram entre 7 e 8 e 10,53% entre 8 e 9. Sobre o conhecimento geral em Física, 42,11% o consideram regular, 31,58% insuficiente, 21,05% bom e 5,26% muito insuficiente.

No Quadro 17, foi realizado a mesma distribuição referente a idade, gênero, desempenho em Física e conhecimento geral de Física para os alunos da turma de Química.

Quadro 17 – Categorização social dos sujeitos da pesquisa da turma de Química

Turma de Química				
Aluno	Idade	Gênero	Desempenho em Física	Conhecimento geral de Física
B1	Acima de 18 anos	Feminino	Muito bom	Regular
B2	Acima de 18 anos	Masculino	Regular	Insuficiente
B3	17 anos	Masculino	Excelente	Bom
B4	17 anos	Feminino	Bom	Regular
B5	17 anos	Feminino	Não muito bom	Insuficiente
B6	17 anos	Feminino	Regular	Insuficiente
B7	17 anos	Masculino	Excelente	Regular
B8	16 anos	Feminino	Bom	Regular
B9	17 anos	Masculino	Não muito bom	Insuficiente
B10	16 anos	Feminino	Não muito bom	Insuficiente
B11	17 anos	Masculino	Excelente	Excelente
B12	17 anos	Feminino	Regular	Insuficiente
B13	Acima de 18 anos	Não informado	Muito bom	Bom
B14	17 anos	Masculino	Excelente	Bom
B15	17 anos	Feminino	Bom	Insuficiente
B16	Acima de 18 anos	Feminino	Muito bom	Regular
B17	17 anos	Feminino	Bom	Regular

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Nota-se que, na turma de Química, 64,71% dos estudantes têm 17 anos, seguidos por 23,53% com mais de 18 anos e 11,76% com 16 anos. Quanto ao gênero, 58,82% indicam ser do gênero feminino e 35,29% do gênero masculino. Em relação ao desempenho em Física, 23,53% costumam obter notas entre 9 e 10, 23,53% entre 7 e 8, 17,65% entre 8 e 9, 17,65% abaixo de 6 e 17,65% entre 6 e 7. Sobre o conhecimento geral em Física, 41,18% o consideram insuficiente, 35,29% regular, 17,65% bom e 5,88% excelente.

De modo a coletar as argumentações acerca das percepções de aprendizado e desempenho na disciplina de Física, as próximas três questões foram abertas, de modo, a permitir ao aluno abertura para argumentação. Todas as respostas foram transcritas conforme as do APÊNDICE B aplicado para cada turma. Para dar início, a décima terceira questão, foi: **“De que forma o uso de metáforas, analogias ou exemplos do cotidiano pelo professor**

contribuiu para a compreensão dos conteúdos de Física durante as aulas?”. Então, com o objetivo de embasar a importância da contextualização no ensino, Ferreira (2023, p. 3) afirma que

[...] o ensino de Física deve ir além da simples resolução e dedução de equações descontextualizadas em relação ao cotidiano, buscando uma abordagem contextualizada que desperte a curiosidade e o pensamento crítico nos estudantes. Não se trata apenas de aplicar técnicas, mas também de desenvolver os raciocínios subjacentes a essas técnicas.

O Quadro 18 exibe as respostas dissertativas da turma de Mecânica com base em cada aluno (A).

Quadro 18 – O uso de metáforas, analogias ou exemplos do cotidiano da turma de Mecânica

Aluno	Resposta
A1	<i>Sinto que o professor se aprofunda bastante no conteúdo, fazendo com que tenhamos mais facilidade no entendimento da matéria.</i>
A2	<i>Faz com que eu tenha uma hipótese mais amplo, guiando-me com exemplos que segue um pensamento linear, para mim.</i>
A3	<i>Como os fios, o pincel caindo porque tem uma força, a iluminação.</i>
A4	<i>Quando utilizados, tenho mais facilidade de compreender”.</i>
A5	<i>De forma a acessibilizar o conhecimento muitas vezes técnica demais.</i>
A6	<i>É bom pra organizar os pensamentos e ‘humanizar’ a matéria. Me faz entender mais quando eu consigo relacionar.</i>
A7	<i>Consegui me fazer pensar de outro modo, de uma forma mais didática.</i>
A8	<i>Ele explica muito bem, porém depois não consigo fazer as atividades.</i>
A9	<i>É mais fácil de entender, como a matéria de física II era mais simples do que física III por que é possível usar exemplos cotidianos.</i>
A10	<i>Ajuda a entender como o fenômeno acontece na realidade e na vida.</i>
A11	<i>De forma satisfatória, dando exemplos do dia a dia ou fictícios.</i>
A12	<i>Em cinemática, usar de exemplos do cotidiano foi essencial para meu entendimento do assunto, mas em outros conteúdos, não vejo como isso pode ajudar.</i>
A13	<i>O uso de analogias facilita bastante o entendimento teórico do conteúdo, já que apenas olhando e aplicando fórmulas não fica claro a forma como a física age de fato.</i>
A14	<i>Muito, de repente o conceito esclareceria, como energia potencial gravitacional e a comparação dela com a elétrica.</i>
A15	<i>Eu não fiquei prestando atenção nisso.</i>
A16	<i>positivamente.</i>
A17	<i>Ajudou a desenvolver uma visão técnica de algo que entendemos intuitivamente.</i>
A18	<i>Esse método me ajuda bastante, levando em consideração que minha cabeça aceita mais dessa forma, muitas palavras não me fazem compreender de forma correta.</i>
A19	<i>A comparação de exemplos do cotidiano torna a teoria menos abstrata, facilitando a compreensão do que é proposto em sala.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 18, observa-se que a maioria dos alunos (A1 a A7, A10, A11, A13, A14 e A17 a A19) da turma de Mecânica indicou que o uso de metáforas, analogias e exemplos do cotidiano contribuiu ou podem contribuir para o aprendizado. Os alunos relataram que tais estratégias tornaram os conceitos menos abstratos, facilitaram a compreensão dos

conteúdos ao aproximá-los de situações reais e favoreceram o desenvolvimento de um pensamento mais crítico sobre os fenômenos físicos estudados. Além disso, muitos destacaram que a contextualização auxiliou na organização do raciocínio e na construção de relações entre teoria e prática. O Quadro 19 apresenta as respostas dissertativas da turma de Química, organizadas individualmente por cada aluno (B).

Quadro 19 – O uso de metáforas, analogias ou exemplos do cotidiano da turma de Química

Aluno	Resposta
B1	<i>Deixando os exemplos mais compreensíveis.</i>
B2	<i>Ajuda na compreensão no conteúdo.</i>
B3	<i>A forma como as analogias ajudam a entender pelo motivo de que as analogias por consequência tiram um pouco da teoria de algo, facilitando o entendimento.</i>
B4	<i>Contribuiu positivamente, pois associar a matéria a algo do cotidiano ajuda na compreensão.</i>
B5	<i>Não muito mas acredito que facilite bastante para a maioria das pessoas. Ainda é bem difícil entender mesmo com o uso disso que foi citado acima.</i>
B6	<i>Por ser uma matéria que considero relativamente complicada, quando o professor utiliza exemplos do cotidiano para colaborar com nosso aprendizado, eu acabo entendendo bem mais.</i>
B7	<i>Melhora bastante, pois ao associar a exemplos do cotidiano torna o conteúdo mais compreensível.</i>
B8	<i>Ajudou a entender de maneira prática conceitos, por vezes, muito teoricamente idealizados e explicados.</i>
B9	<i>De forma absurdamente positiva, melhora muito minha compreensão.</i>
B10	<i>De forma positiva. O uso de comparações que não limite só o que está no quadro, além de prender minha atenção, facilita no aprendizado.</i>
B11	<i>O uso deste tipo de ferramenta estimula a memória e facilita a sintaxe do conhecimento.</i>
B12	<i>Na forma de experimento, onde eu aprendo mais e deixa a aula mais interessante.</i>
B13	<i>Acredito que na disciplina de Física, no IFCE, não me ocorreu muito, mas no geral, isso ajuda no dinamismo da aula.</i>
B14	<i>Bastante, eu sou uma pessoa com TEA, e ... vivo fazendo analogias para a minha aprendizagem.</i>
B15	<i>O professor normalmente não faz muitas analogias, mas quando faz eu consigo entender um pouco.</i>
B16	<i>Muito, fazendo associações.</i>
B17	<i>Eu acabo me indentificando e entendendo o conteúdo com mais clareza.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme indicado no Quadro 19, nota-se que a maioria dos estudantes (B1 a B11, B13 a B17) da turma de Química reconheceu o uso de metáforas, analogias e exemplos do cotidiano nas aulas de Física, relatando que esses recursos contribuíram para melhorar o aprendizado e a compreensão dos conteúdos. Muitos afirmaram que, por considerarem a disciplina complexa, a associação com situações reais torna os conceitos mais acessíveis, compreensivos e interessantes, facilitando o entendimento do que é trabalhado em sala de aula. A décima quarta questão, foi “**Ao realizar ou ao ver a realização de algum experimento físico na sala de aula ou na internet, qual a sua percepção?**”. Portanto, com o objetivo de citar a importância da experimentação, Batista, Fusinato e Blini (2009, p.44) afirmam que

A realização do experimento, a análise dos resultados obtidos e a pesquisa documental corroboram ou não as hipóteses, prática pela qual se estimula a interação entre os colegas e com o professor, de modo que se discutam tentativas de explicar determinado conceito ou fenômeno científico e não se imponha determinada visão pronta, abstrata.

Com base nisso, os alunos da turma de Mecânica expuseram suas respostas no Quadro 20.

Quadro 20 – Realização de experimentos ou simulações da turma de Mecânica

Aluno	Resposta
A1	<i>Que eu preciso estuda.</i>
A2	<i>tenho um grande interesse, e gosto ver gradualmente.</i>
A3	<i>Acho muito legal, pois é um jeito diferente de aprender e acaba que a gente presta mais atenção.</i>
A4	<i>Que a física não se resume a calculo e formulas, que tem muitas coisas para conhecer.</i>
A5	<i>tornar o conhecimento técnico prático.</i>
A6	<i>Eu acho bom não ver só a teoria, mas sim o que o calculo quer dizer no final das contas. É bom e divertido.</i>
A7	<i>Me faz entender a importância de entender, pelo menos certo porcentagem, a parte científica de exemplos do cotidiano.</i>
A8	<i>É boa, é mais fácil de entender.</i>
A9	<i>Acho interessante e mais dinâmico.</i>
A10	<i>A física também existe na vida e não apenas no papel e livros.</i>
A11	<i>Interesse em aprender mais sobre os conceitos demonstrados nos experimentos tanto em vídeo quanto em sala de aula.</i>
A12	<i>Deixa a aula mais dinâmica e deixa um pouco menos entediante de assistir.</i>
A13	<i>Mesmo que eu continue tendo dificuldade em entender, o experimento físico deixa explícito como que a física funciona e também ajuda a entender os cálculos e as fórmulas.</i>
A14	<i>Se houver uma explicação teórica antes, se torna mais interessante de ver/fazer o experimento.</i>
A15	<i>Eu aprender as coisas que o professor tá explicando sobre o processo.</i>
A16	<i>interessante.</i>
A17	<i>Eu tento entender onde o experimento se aplica ao cotidiano.</i>
A18	<i>A prática facilita muito nos estudos, porque você compreende porque cada coisa se aplica no seu lugar.</i>
A19	<i>Ao ver um experimento físico é possível ver na praticas oque é falado em sala, pra mim isso tornas as formulas e calculos menos abstratos.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 20, observa-se que a maioria dos alunos (A2 a A19) da turma de Mecânica avaliou de forma positiva o uso de experimentos, seja em sala de aula ou por meio da Internet. Para eles, essa prática torna os conceitos mais compreensíveis e favorece a conexão com situações do cotidiano, mostrando que a Física vai além de fórmulas e cálculos. Além disso, mesmo entre aqueles que ainda enfrentam dificuldades teóricas, relataram que a experimentação contribui para reduzir a abstração dos conteúdos, facilitando a compreensão e aumentando o interesse pelos conteúdos estudados. O Quadro 21 apresenta as respostas dos alunos da turma de Química, organizadas individualmente.

Quadro 21 – Realização de experimentos ou simulações da turma de Química

Aluno	Resposta
B1	<i>Percebo que além de ser uma matéria bem interessante, na prática, a compreensão é bem mais fácil.</i>
B2	<i>Que a Física pode ser muito legal e fica mais fácil de aprender.</i>
B3	<i>Tem-se a percepção de um fenômeno físico acontecendo, ressaltando a importância da teoria que vista é na sala de aula.</i>
B4	<i>Acho muito interessante como a física funciona, tento compreender mas possuo dificuldades.</i>
B5	<i>Acho muito legal e interessante.</i>
B6	<i>Acho bastante interessante. Gosto quando o professor traz experimentos para a aula, torna bem mais dinâmica e interessante.</i>
B7	<i>No geral eu gosto si dos que eu consigo minimamente entender.</i>
B8	<i>É muito interessante perceber que existe um mundo além do microscópio e que pessoas conseguiram estudar ao ponto de criar experimentos para que outras pessoas pudessem entender.</i>
B9	<i>Me ajuda a fixar o conteúdo e entender o porque de estudar física.</i>
B10	<i>É bem mais interessante e me faz entender mais sobre o assunto.</i>
B11	<i>Depende, me interesse muito por mecânica e eletrodinamica, mas nunca vi sobre dinâmica.</i>
B12	<i>Gosto muito, pois tenho mais facilidade e interesse em experimentos que mostram a teoria em prática.</i>
B13	<i>Acredito que do ponto de vista do aluno, é uma experiência mais didática e memorável.</i>
B14	<i>Incrível! Amo experimentos (queria q tivessem mais).</i>
B15	<i>Eu gosto bastante de experimentos, os cálculos que são os mais complicados, principalmente por causa da pandemia que eu fiquei literalmente sem estudar nada, então tenho muitas dificuldades. Mas eu acho a física bem interessante.</i>
B16	<i>Muito boa, é a teoria na pratica.</i>
B17	<i>Eu acho interessante, pois na maioria das vezes parece mágica e depois é explicado por um fenômeno físico cientificamente comprovado.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme o Quadro 21, observa-se que as respostas dos alunos (B1 a B17) da turma de Química é positiva quanto ao uso de experimentos em sala de aula ou por meio de vídeos. Os alunos destacaram que essa abordagem facilita a compreensão, aumenta o interesse e favorece a associação dos conteúdos a situações do cotidiano. Além disso, alguns mencionam que, apesar das dificuldades com a disciplina de Física, a integração entre teoria e prática torna o aprendizado menos abstrato e evita que o ensino se limite apenas a fórmulas e cálculos, proporcionando um entendimento mais acessível.

A décima quinta questão, foi: **“O que você entende por interdisciplinaridade? Já ouviu esse termo em sala de aula?”**. Para isso, com o objetivo de orientar quanto a uma resposta adequada, Sousa (2024, p. 316) afirma que

[...] o currículo STEAM com sua abordagem interdisciplinar visa fornecer aos estudantes uma educação mais holística, conectando conceitos e habilidades de diferentes disciplinas. Essa integração permite uma compreensão mais profunda e uma aplicação prática do conhecimento em contextos reais. Ao promover a resolução de problemas complexos e estimular a criatividade, o currículo STEAM prepara os estudantes para enfrentar os desafios do mundo contemporâneo.

Portanto, os alunos da turma de Mecânica responderam a essas duas perguntas envolvendo interdisciplinaridade (Quadro 22).

Quadro 22 – Interdisciplinaridade da turma de Mecânica

Aluno	Resposta
A1	<i>Não sei. Nunca ouvi falar em sala de aula.</i>
A2	<i>Sim, tenho um conhecimento parcial, e vedo que isso segue de maneira linear, principalmente, em física, pois liga uma visão matemática e interpretativa.</i>
A3	<i>Acredito que já ouvi mas não lembro o que seja.</i>
A4	<i>Não conheço esse termo, pelo nome, acredito que seja algo envolvendo o quanto o aluno é dedicado a uma matéria escolar.</i>
A5	<i>poucas vezes, mas creio vi a aplicação de atividades diferentes dentro do contexto da disciplina.</i>
A6	<i>Não conheço esse termo, mas deve ser 'entre materias' ou algo assim.</i>
A7	<i>Nada, não.</i>
A8	-
A9	<i>Você disciplinar a si mesmo, sem necessidade de ações externas. Não.</i>
A10	<i>Como as disciplinas não conectadas, o conceitos matemáticos são necessários p/ entender física como exemplos. Sim.</i>
A11	<i>Já, porém não me recordo do significado no momento.</i>
A12	<i>Nunca ouvi falar.</i>
A13	<i>Não, não conheço a palavra também não sei o que significa.</i>
A14	<i>É a relação entre diferentes disciplinas, como trazer um contexto histórico para a criação de um determinado estudo, por exemplo.</i>
A15	<i>Não, eu nunca ouvi esse termo.</i>
A16	<i>não.</i>
A17	-
A18	<i>Não sei o que é.</i>
A19	<i>Não tinha ouvido esse termo, porém pela interpretação é algo ou conteúdo que tem ligação ou relação com mais de 1 disciplina.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme o Quadro 22, observa-se que a maioria dos estudantes (A1, A4, A6, A7, A9 A12, A13, A15, A16, A18 e A19) da turma de Mecânica relatou não conhecer o termo "interdisciplinaridade" e nem ouvido em sala de aula. Apenas os alunos A6, A14 e A19 apresentaram alguma tentativa de definição, mesmo sem domínio do conceito. Dessa forma, tornou-se necessária a explicação do termo para que a intervenção pudesse ser aplicada. A seguir, apresentam-se as respostas da turma de Química, organizadas individualmente (Quadro 23).

Quadro 23 – Interdisciplinaridade da turma de Química

Aluno	Resposta
B1	<i>Que vai além das disciplinas convencionais. Sim.</i>
B2	<i>A dificuldade de aprender.</i>
B3	<i>Sim, este termo remete a integração entre disciplinas, isto é, um conteúdo que vê-se na disciplina A implicará na disciplina B.</i>
B4	<i>Não ouvi o termo, mas o conceito parece envolver mais de uma disciplina, interligando-as.</i>
B5	<i>A união de mais matérias trazendo uma sala de aula mais dinâmica correlacionando as matérias.</i>
B6	<i>Eu já ouvi o termo "interdisciplinar", mas não tenho certeza se significam mesma coisa. Creio que tenha relação com múltiplas disciplinas sendo abordadas em determinado mesmo contexto.</i>
B7	<i>Eu acho que são matérias que se interligam de alguma matéria.</i>
B8	<i>Algo feito entre disciplinas. Já.</i>
B9	<i>A mescla entre disciplinas que não obrigatoriamente são da mesma área. Sim e já trabalhei com o assunto.</i>

B10	<i>Já cheguei a ouvir falar e acredito que seja uma mistura/integração entre matérias e/ou disciplinas diferentes.</i>
B11	<i>Relações diversas entre disciplinas. Não.</i>
B12	<i>Uma coisa que vai além das disciplinas/matérias dadas em sala de aula. Já, mas não me recordo quando.</i>
B13	<i>Acredito ser quando duas ou mais disciplinas compartilham um assunto em comum. Ocorre com frequência e gosto disso pois acredito que enriqueça os conteúdos.</i>
B14	<i>Entendo, como a desordem vejo que uma pessoa interdisciplinar é uma pessoa que ã tem ética e nem respeito.</i>
B15	<i>É algo que você faz na escola e que vai além das matérias normais, ou então algo que pega tudo e mais um pouco de todas as matérias. Sim.</i>
B16	<i>Mais de um jeito de aprender, não.</i>
B17	<i>A mistura de disciplinas, por exemplo no meu curso tem uma matéria chamada 'físico-química' e é justamente a junção das duas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 23, observa-se que os alunos (B1 a B17) da turma de Química apresentaram alguma tentativa de definir o termo "interdisciplinaridade", embora alguns afirmaram não tê-lo ouvido em sala de aula e nem souberam ao certo do que se tratava. Isso indicou que os alunos possivelmente tiveram algum contato com essa abordagem, mas ainda careciam de esclarecimentos, tornando necessária uma explicação para que pudessem recordar e compreender melhor o conceito para a intervenção.

5.2. Descrição do pré-teste

Foi realizado uma análise estatística descritiva das questões das turmas de Mecânica (19 alunos) e de Química (17 alunos), permitindo reflexão acerca dos itens mais marcados por questão, entre acertos e erros, de modo, a tratar possíveis justificativas para a marcação correta ou incorreta em relação a cada turma, conforme o Quadro 24.

Quadro 24 – Descrição do pré-teste das turmas de Mecânica e Química

Q	Enunciado (resumido)	Resposta correta	Mecânica	Química
			Erro mais indicado	Erro mais indicado
1	Como se define a intensidade de uma corrente elétrica?	b) Como a quantidade de cargas elétricas que passa por um ponto em um tempo específico.	c) Como a velocidade do movimento das partículas carregadas.	c) Como a velocidade do movimento das partículas carregadas.
2	O que realmente se move para gerar corrente elétrica?	d) Elétrons livres.	a) Prótons.	c) Íons positivos.
3	O sentido da corrente elétrica real é definido como:	c) Do negativo para o positivo.	a) Do polo positivo para o negativo.	e) Sempre no sentido do campo magnético.
4	Qual é a principal característica de um ímã?	c) Atrair materiais como ferro.	a) Conduzir eletricidade. e) Aumentar a resistência elétrica de um circuito.	a) Conduzir eletricidade. e) Aumentar a resistência elétrica de um circuito.

5	O campo magnético de um ímã se orienta:	b) Do polo norte para o polo sul.	c) Em linhas circulares internas.	a) Do polo sul para o polo norte.
6	Como os polos de um ímã interagem entre si?	b) Polos iguais se repelem, e polos opostos se atraem, devido à força magnética.	a) Polos iguais se atraem, e polos opostos se repelem, devido à força magnética. c) Ambos os polos se atraem igualmente por causa do campo magnético. d) Os polos não interagem entre si, apenas geram campo magnético ao redor.	c) Ambos os polos se atraem igualmente por causa do campo magnético. d) Os polos não interagem entre si, apenas geram campo magnético ao redor.
7	O que acontece com um ímã quando ele é cortado ao meio?	c) Cada metade se torna um novo ímã completo, com polo norte e sul.	e) As metades mantêm a polaridade original, sem alteração.	b) Cada metade possui apenas um polo original, norte ou sul.
8	O que é um campo magnético?	b) Uma região ao redor de uma carga elétrica em movimento.	d) Uma região onde as cargas elétricas permanecem estáticas.	d) Uma região onde as cargas elétricas permanecem estáticas.
9	O que é indução eletromagnética?	b) A criação de uma corrente elétrica em um condutor devido à variação de um campo magnético.	d) A formação de um campo elétrico constante ao redor de um ímã.	c) A atração entre dois ímãs quando aproximados. d) A formação de um campo elétrico constante ao redor de um ímã.
10	A corrente contínua (CC):	c) Tem seu sentido fixo no circuito.	a) É utilizada nas redes elétricas das casas.	a) É utilizada nas redes elétricas das casas.
11	Qual propriedade dos materiais ferromagnéticos os torna únicos?	b) São fortemente atraídos por campos magnéticos.	c) São repelidos por campos magnéticos intensos.	a) Eles geram calor ao serem expostos ao magnetismo.
12	A magnetização de um material ocorre quando:	c) Os domínios magnéticos internos se alinham, produzindo um campo magnético resultante.	b) O movimento aleatório dos elétrons gera campos magnéticos que se cancelam mutuamente.	d) A separação dos polos magnéticos internos gera monopolos magnéticos livres no material. e) A anulação do campo elétrico externo reorganiza as cargas, criando magnetização permanente.
13	Qual dos materiais abaixo pode ser imantado com mais facilidade?	d) Ferro.	a) Alumínio.	b) Cobre.
14	Qual é uma função importante do campo magnético terrestre?	b) Proteger a Terra de partículas carregadas do Sol e do espaço.	c) Impedir o movimento das placas tectônicas. e) Reduzir a atividade vulcânica ao longo das linhas de latitude.	a) Orientar o fluxo de energia elétrica ao redor do planeta.
15	Em quais exemplos do cotidiano o fenômeno da indução eletromagnética é observado?	b) Carregamento sem fio de dispositivos e geração em usinas eólicas.	e) Transmissão Wi-Fi e aplicativos de navegação GPS.	e) Transmissão Wi-Fi e aplicativos de navegação GPS.
16	A geração de energia elétrica ocorre graças a um fenômeno físico	c) Dínamos de bicicleta.	a) Painéis solares. e) Resistores elétricos.	a) Painéis solares.

	que também é observado em:			
17	Entre as diversas fontes de energia utilizadas atualmente, algumas são classificadas como renováveis e outras como não renováveis.	c) apenas três são renováveis.	b) apenas dois são renováveis.	b) apenas dois são renováveis.
18	As fontes de energia não renováveis apresentam risco de esgotamento porque:	b) Suas reservas naturais são limitadas e não se renovam em tempo viável.	a) São rapidamente substituídas por fontes renováveis.	d) Estão em abundância nos países tropicais.
19	A principal desvantagem das usinas hidrelétricas está atrelada ao:	a) abrangente impacto ambiental gerado por meio da sua instalação.	c) uso de combustíveis fósseis para o seu funcionamento.	d) processo de emissão de poluentes nas águas dos reservatórios.
20	As fontes renováveis de energia têm como principal característica a:	e) utilização de recursos naturais que possuem capacidade de regeneração.	a) necessidade de baixos investimentos financeiros para produção elétrica. b) utilização de elementos ambientais finitos para a produção energética. d) emissão de poluentes atmosféricos causadores do aquecimento global.	b) utilização de elementos ambientais finitos para a produção energética.

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O pré-teste (APÊNDICE A) foi estruturado da seguinte forma: as questões 1, 2, 3 e 10 tratam da definição e do sentido da corrente elétrica. As questões 4, 5, 6 e 7 abordam as características do ímã, seu campo magnético e seu comportamento. Já as questões 8, 9, 14 e 15 relacionam-se aos conteúdos de campo magnético e indução eletromagnética. As questões 11, 12 e 13 tratam da imantação e das propriedades de materiais ferromagnéticos. Por fim, as questões 16 a 20 abordam a geração de energia, bem como os impactos positivos e negativos das fontes de energia renováveis e não renováveis.

Na turma de Mecânica, destacam-se como maiores índices de acerto a Questão 4 (78,95%), as Questões 7 e 18 (73,68%), as Questões 2 e 20 (68,42%), as Questões 6 e 8 (68,16%), as Questões 1, 10 e 11 (63,16%) e, ainda, as Questões 5, 9 e 15 (52,63%). Esses dados indicam que mais de 50% dos estudantes responderam corretamente a essas questões, contendo os assuntos de corrente elétrica (Q1, Q2 e Q10), propriedades do ímã (Q4 a Q7), campo magnético (Q8 e Q11), indução eletromagnética (Q9 e Q15) e geração de energia (Q18 e Q20). Isso pode sugerir uma maior compreensão em conteúdos mais visuais, concretos e próximos do cotidiano.

Em contrapartida, essa turma apresentou elevados índices de erro, principalmente na Questão 16, com apenas 5,26% de acertos, na Questão 17 com 26,32% de acertos, nas Questões

12, 13 e 14 com 42,11% de acertos e na Questão 3 com 47,37% de acertos, evidenciando dificuldades ou falta de conhecimento prévio em relação aos assuntos dessas questões.

Já a turma de Química apresentou altos índices de acerto em diversas questões, como as Questões 2, 18 e 19 (94,12%), as Questões 4, 6 e 20 (88,24%), a Questão 1 (82,35%), a Questão 8 (76,47%), as Questões 10, 11 e 13 (64,71%) e a Questão 12 (58,52%). Ao todo, 12 questões apresentaram índices acima de 50% de acerto, abrangendo os assuntos de corrente elétrica (Q1, Q2 e Q10), propriedades do ímã (Q4 e Q6), imantação (Q12 e Q13), campo magnético (Q8 e Q11) e geração de energia (Q18 a Q20), indicando bom conhecimento prévio desses assuntos.

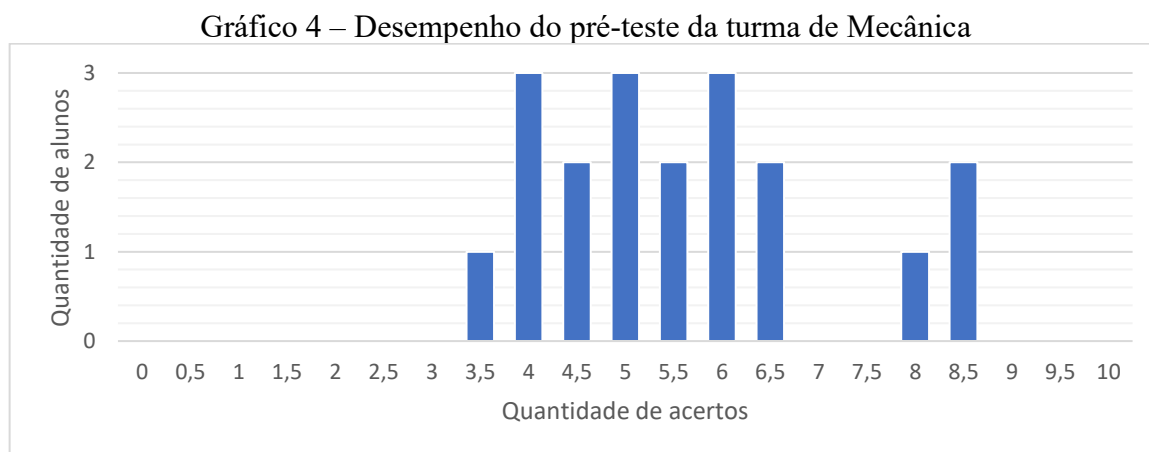
No entanto, essa turma também apresentou dificuldades, nas Questões 5, 16 e 17 (17,65% de acertos), nas Questões 3, 14 e 15 (35,29%), e nas Questões 7 e 9 (47,06%). Esses resultados indicam possíveis dificuldades e ausências de conhecimento prévio, necessitando abordagem mais específica.

5.3 Análise do desempenho do pré-teste

A partir da análise quantitativa do desempenho no pré-teste, com base na quantidade de acertos de cada turma, foram identificadas as medidas de tendência central (média, moda e mediana) e as medidas de dispersão (variância, desvio-padrão e amplitude). A partir da média ($\bar{X}$) da turma no pós-teste, será considerado como nível de desempenho de cada aluno.

5.3.1 Análise do desempenho do pré-teste da turma de Mecânica

A seguir, observa-se o Gráfico 4, que ilustra a relação entre a quantidade de alunos e a quantidade de acertos obtidos no pré-teste da turma de Mecânica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com cada questão valendo 0,5 ponto, foram calculadas a média, a mediana, a moda e a amplitude, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados do pré-teste da turma de Mecânica

Média	Mediana	Modas	Variância	Desvio-Padrão	Coefficiente de variação	Amplitude
5,61	5,5	4, 5 e 6	2,1205	1,4562	37,80%	5

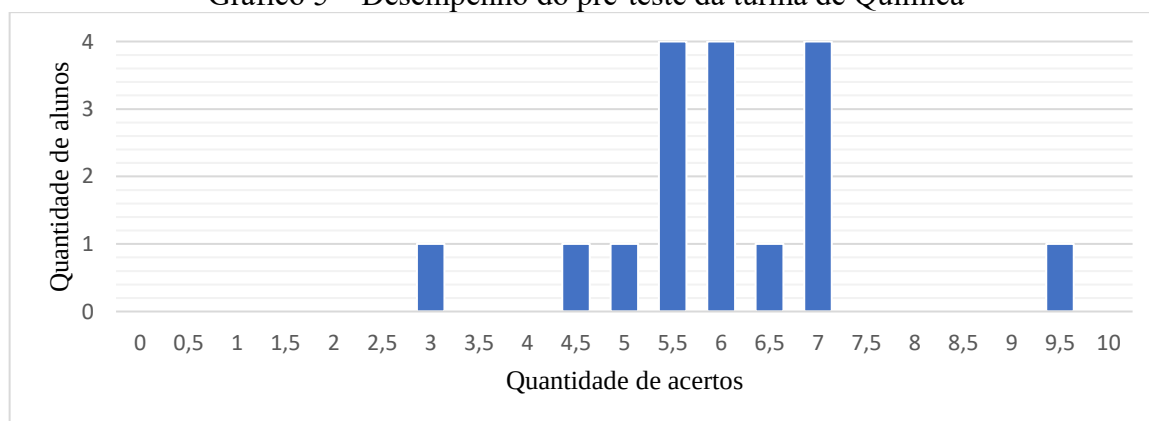
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir dos dados apresentados na Tabela 1, a turma de Mecânica obteve uma média de 5,61 no pré-teste (total de 10 pontos), podendo considerar um desempenho Regular. A mediana de 5,5, evidencia que metade dos alunos acertaram até esse valor. As modas 4, 5 e 6, foram os acertos mais frequentes entre a turma e a amplitude é 5, revelando uma grande variação entre a maior e a menor nota da turma. Com base nisso, mostra-se necessário a necessidade de abordar os assuntos cobrados nas perguntas.

5.3.2 Análise do desempenho do pré-teste da turma de Química

A seguir, observa-se o Gráfico 5, que ilustra a relação entre a quantidade de alunos e a quantidade de acertos obtidos no pré-teste da turma de Química.

Gráfico 5 – Desempenho do pré-teste da turma de Química



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com cada questão valendo 0,5 ponto, foram calculadas a média, a mediana, a moda e a amplitude, como mostrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Resultados do pré-teste da turma de Química

Média	Mediana	Modas	Variância	Desvio-Padrão	Coefficiente de variação	Amplitude
6,03	6	5,5; 6 e 7	1,7510	1,3233	21,94%	6,5

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Segundo os dados exibidos na Tabela 2, a turma de Química registrou uma média de 6,03 no pré-teste (total de 10 pontos), podendo ser considerado um desempenho Regular. A mediana de 6, demonstrou que metade da turma pontuou abaixo disso e as modas 5,5, 6 e 7, evidenciam a quantidade de acertos mais frequentes entre a turma. A amplitude de 6,5, representa uma evidente disparidade entre a maior e a menor nota da turma. Portanto, isso reforça a necessidade de abordar os assuntos cobrados nas perguntas.

5.4 Descrição da atividade prática

Nesse momento, foram aplicadas as etapas da abordagem STEAM (investigar, descobrir, conectar, criar e refletir), com base em Nunes, Fraiha e Perez (2023), integradas à Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP), conforme Bender (2014), por meio do material investigativo (Quadro 11), fundamentado em pesquisas (Appelt, 2022; Cabral, 2022; Fernandes; Zanon, 2022; Watson; English, 2017). O material contemplou a definição da pergunta de pesquisa, a formulação da hipótese, os materiais, os procedimentos, a representação, os resultados e as conclusões, de modo a possibilitar, de forma simplificada, a realização de uma pesquisa científica.

Batista, Fusinato e Blini (2009, p.45), afirmam que

[...] a experimentação no ensino de Física não resume todo o processo investigativo no qual o aluno está envolvido na formação e desenvolvimento de conceitos científicos. Há de se considerar também que o processo de aprendizagem dos conhecimentos científicos é bastante complexo e envolve múltiplas dimensões, exigindo que o trabalho investigativo do aluno assuma várias formas que possibilitem o desencadeamento de distintas ações cognitivas, tais como: manipulação de materiais, questionamento, direito ao tateamento e ao erro, observação, expressão e comunicação, verificação das hipóteses levantadas. Podemos dizer que esse também é um trabalho de análise e de síntese, sem esquecer a imaginação e o encantamento inerentes às atividades investigativas.

Com base nisso, a atividade investigativa foi realizada separadamente nas turmas de Mecânica e de Química, com os alunos organizados em grupos e com o propósito de elaborar e analisar o artefato a partir de toda a investigação.

5.4.1 Atividade de investigação na turma de Mecânica

Em primeiro momento, na turma de Mecânica, os alunos foram organizados em 4 grupos, onde participaram 19 alunos, onde ficaram 3 grupos com 5 integrantes e 1 grupo com 4 integrantes.

Figura 12 – Elaboração dos grupos e etapas iniciais da investigação



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir disso, os alunos escolheram o nome de seu grupo, tendo entre eles: *Gato elétrico*, *Os little Einstein*, *Nikola Tesla* e *Eletrôdo*. Como definido em sala, no primeiro dia, os grupos definiram a pergunta de pesquisa, hipótese de pesquisa, materiais e procedimentos, conforme demonstrado no Quadro 25.

Quadro 25 – Pergunta e hipótese de pesquisa dos grupos da turma de Mecânica

Grupo	Pergunta de pesquisa	Hipótese de pesquisa
<i>Gato elétrico</i>	<i>Usar dois ímãs juntos aumenta a tensão gerada na bobina?</i>	<i>Usar dois ímãs deve aumentar a intensidade do campo, então a tensão deve crescer também.</i>
<i>Os little Einstein</i>	<i>Como o tamanho de uma bobina influencia na geração de energia?</i>	<i>um ímã se movimenta com um curso maior dentro de uma “bobina cilíndrica” faz com que a energia alterne menos</i>
<i>Nikola Tesla</i>	<i>Com a movimentação da seringa, o led vai ter energia suficiente para acender?</i>	<i>O led acenderá conforme a movimentação da seringa</i>
<i>Eletrôdo</i>	<i>Porque o LED acende devido à movimentação do ímã?</i>	<i>O campo eletromagnético gera uma diferença de potencial ao movimentar o ímã</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme a leitura do Quadro 25, as perguntas e hipóteses no geral, foram voltadas para o movimento do ímã em relação a uma bobina, de modo a verificar a diferença de potencial (DDP) ou o acendimento do LED.

De modo a ficar mais perceptível a investigação escolhida pelas equipes, o Quadro 26 exhibe os materiais escolhidos e os procedimentos definidos.

Quadro 26 – Materiais e procedimentos dos grupos da turma de Mecânica

Grupo	Materiais	Procedimentos
<i>Gato elétrico</i>	• Multímetro • 2 ímãs • Bobina • Fios de conexão	1. Conectar a bobina ao multímetro. 2. Passar 1 ímã em movimento por dentro da bobina, anotando o valor da tensão. 3. Repetir o procedimento com 2 ímãs 4. Comparar os valores
<i>Os little Einstein</i>	Cano PVC; arame; íma; cobre	1. Enrolar o fio de cobre no tubo PCV 2. Raspar as pontas do fio 3. Fixar a luz na ponta do fio 4. Sacudir o íma dentro do cano
<i>Nikola Tesla</i>	2 seringas Bobina 2 led's Fio de cobre Ímã cola quente	Produzimos 1 bobina enrolando fio de cobre na seringa, depois colamos os ímãs na seringa com cola quente e colocamos led's na ponta dos fios após fazer a raspagem.
<i>Eletrôdo</i>	LED, ímãs, bobina, multímetro	Aproximar o ímã neodíneo com 6 e 11 unidades da bobina e tirar a média usando o multímetro e depois com o ímã Ferrite também com 6 e 11 unidades

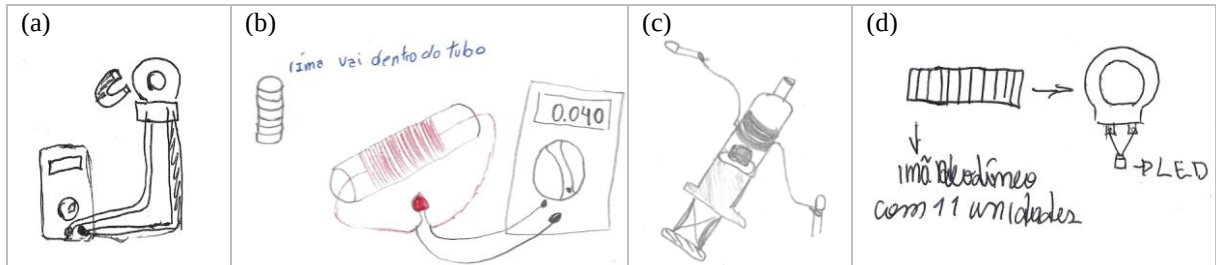
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Diante disso, os materiais escolhidos foram: seringa, cano PVC, arame, cola quente, ímã, LED, fio de cobre, bobina e multímetro. Na escolha do procedimento, o grupo *Gato elétrico* escolheu determinar a diferença de intensidade do campo magnético do ímã A (1 unidade) e ímã B (2 unidades) em relação a mesma bobina de micro-ondas com o uso do multímetro na escala da tensão elétrica. O grupo *Os little Einstein* escolheu produzir um solenoide, enrolando o fio de cobre paralelamente no corpo de um tubo de PVC. No fim, conectar o LED no pedaço de fio raspado que iniciou e finalizou o enrolado. Após isso, inserir o ímã no interior do tubo e tampar com as próprias mãos, iniciando o movimento longitudinal para o ímã ir de um lado ao outro.

O grupo *Nikola Tesla* escolheu enrolar o fio de cobre no corpo da seringa para produzir uma bobina e conectar um LED no pedaço de início e final do fio raspado, e colar com cola quente na ponta do êmbolo um ímã de neodímio. Já o grupo *Eletrôdo* escolheu utilizar a bobina de micro-ondas e os ímãs de neodímio e ferrite, variando entre 6 e 11 unidades em ambos, verificando com o multímetro a variação na tensão elétrica entre cada tipo e quantidade de ímãs.

Então, com as etapas anteriores finalizadas e com o artefato definido, os grupos representaram via desenho o artefato que iriam montar, evidenciando-o no processo final. A Figura 13, mostra as representações dos quatro grupos na sequência: *Gato elétrico*, *Os little Einstein*, *Nikola Tesla* e *Eletrôdo*.

Figura 13 – Representação do artefato. (a) *Gato elétrico*; (b) *Os little Einstein*; (c) *Nikola Tesla*; e (d) *Eletrôdo*.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Após isso, os grupos recolheram os materiais e equipamentos que seriam necessários para realizar a investigação (Figura 14).

Figura 14 – Elaboração do artefato e a realização da investigação



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

É possível perceber que os artefatos do grupo *Gato elétrico* e *Eletrôdo* são semelhantes, onde realizaram as investigações com quantidades de ímãs diferentes. Como também, os grupos: *Os little Einstein* e *Nikola Tesla*, produziram um solenoide, onde o princípio investigativo foram similares, contendo mudanças operacionais e materiais.

Após isso, os grupos puderam analisar e relacionar os aportes teóricos vistos durante as aulas e buscarem resultados para responderem suas perguntas e avaliar suas hipóteses, além de trabalhar novas habilidades e conhecimentos. No Quadro 27, é ilustrado os resultados e conclusões referente a cada grupo.

Quadro 27 – Resultados e conclusões dos grupos da turma de Mecânica

Grupo	Resultados	Conclusões									
<i>Gato elétrico</i>	<table border="1"> <tr> <td></td><td>1 ímã</td><td>2 ímã</td></tr> <tr> <td>long.</td><td>1,1 V</td><td>2,7 V</td></tr> <tr> <td>trans.</td><td>0,9 V</td><td>1,5 V</td></tr> </table>		1 ímã	2 ímã	long.	1,1 V	2,7 V	trans.	0,9 V	1,5 V	<i>Concluimos que a hipótese estava correta, pois com apenas um ímã (4,5 cm Ø) a voltagem gerada foi menor do que com dois ímãs de igual tamanho e material. Portanto, a quantidade de ímãs é diretamente proporcional ao potencial gerado por um campo magnético.</i>
	1 ímã	2 ímã									
long.	1,1 V	2,7 V									
trans.	0,9 V	1,5 V									
<i>Os little Einstein</i>	<i>A lâmpada não ligou. Enrolar o cobre em paralelo é menos eficiente que enrolar o cobre sobre camadas. 40 milivolts de tensão</i>	<i>Em paralelo a tensão é bem menor que uma bobina com várias camadas</i>									
<i>Nikola Tesla</i>	<i>Gerou um d.d.p. de 19 mV</i>	<i>Concluimos que a cada 100 voltas de fio de cobre na seringa, produz 19 mV com 6 ímãs de 10x3 mm.</i>									
<i>Eletrôdo</i>	<i>Após os procedimentos observados que o ímã neodíneo com 6 unidades e com 11 resultaram em uma média de 0,66 e 1,32 respectivamente. E o ímã Ferrite resultou em 0,96 e 2,98 respectivamente.</i>	<i>Concluimos que o ímã de neodímio tem campo eletromagnético maior e o ferrite tem um campo mais fraco</i>									

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com a obtenção dos resultados, os grupos evidenciaram o cumprimento da Lei de Faraday, onde há maior variação do fluxo magnético no tempo em relação à espira, bobina ou solenoide, há aumento da tensão elétrica. Como também, com o aumento da intensidade do campo magnético, com o acréscimo de quantidade de ímãs ou o tipo de ímã, como o ímã de neodímio tendo maior intensidade magnética em comparação ao ferrite, verificou mais uma vez a Lei de Faraday.

5.4.1.1 Análise da rubrica avaliativa

Durante e após a execução da investigação, as equipes foram avaliadas com base na escala *Likert* de 1 a 4 em cinco critérios, conforme exibido no Quadro 28.

Quadro 28 – Critérios e desempenho das equipes da turma de Mecânica

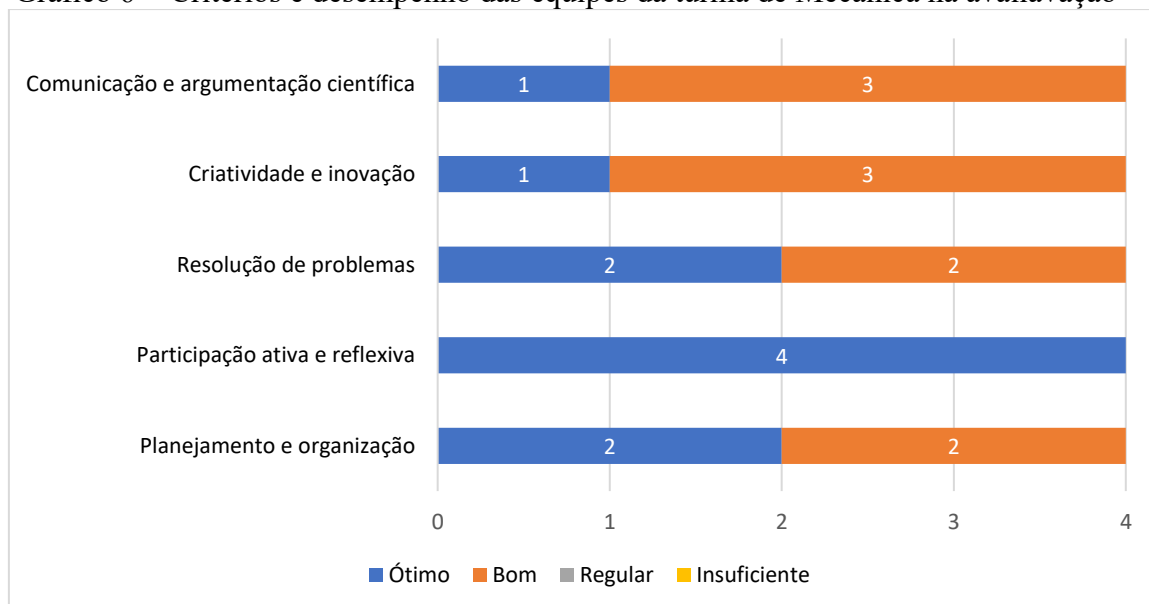
Critérios	<i>Gato elétrico</i>	<i>Os little Einstein</i>	<i>Nikola Tesla</i>	<i>Eletrôdo</i>
Planejamento e organização	Ótimo	Ótimo	Bom	Bom
Participação ativa e reflexiva	Ótimo	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Resolução de problemas	Ótimo	Bom	Ótimo	Bom
Criatividade e inovação	Bom	Ótimo	Bom	Bom
Comunicação e argumentação científica	Ótimo	Bom	Bom	Bom
Nota grupal (pontuação)	19	18	17	16

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 28, o grupo *Gato Elétrico* apresentou o melhor desempenho segundo as observações do pesquisador, enquanto o grupo *Eletrôdo* obteve o menor. Essa diferença ocorreu devido à complexidade do artefato investigado e ao nível de autonomia demonstrado pelos grupos. O grupo *Gato Elétrico* explorou diferentes quantidades de ímãs e alterou o movimento relativo entre os ímãs e a bobina, passando de transversal para longitudinal. Já o grupo *Eletrôdo* também variou a quantidade e o material dos ímãs, porém enfrentou maiores dificuldades tanto na realização da prática quanto na explicação dos resultados.

A seguir, é possível verificar os cinco critérios pelo nível de desempenho: Ótimo (4), Bom (3), Regular (2) e Insuficiente (1), conforme o Gráfico 6.

Gráfico 6 – Critérios e desempenho das equipes da turma de Mecânica na avaliação

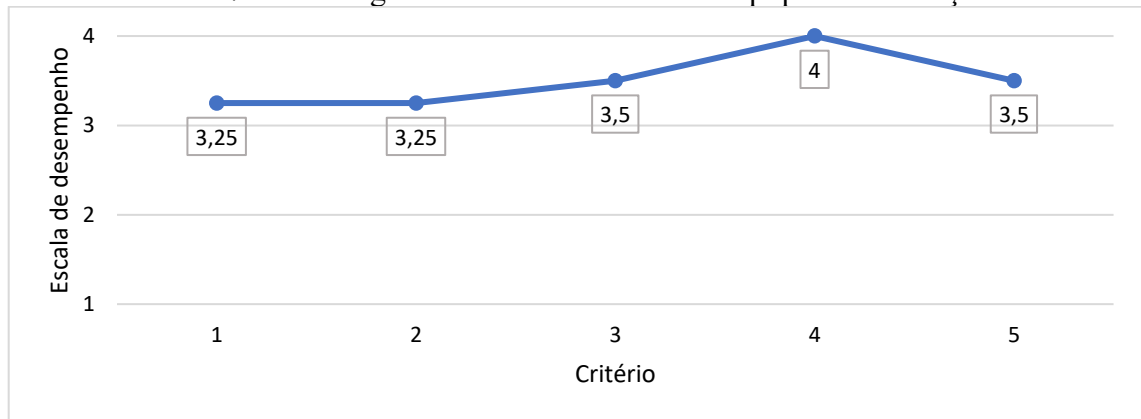


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Gráfico 6, observa-se um equilíbrio entre os níveis “Ótimo” e “Bom” nos critérios de “Resolução de problemas” e “Planejamento e organização”, com duas equipes em cada categoria. Além disso, o critério “Participação ativa e reflexiva” destacou-se por apresentar desempenho “Ótimo” em todas as quatro equipes. Por outro lado, os critérios “Comunicação e argumentação científica” e “Criatividade e inovação” apresentaram apenas uma equipe no nível “Ótimo”, enquanto as outras três equipes foram classificadas como “Bom”.

Com o objetivo de destacar o desempenho das equipes, foi calculado o Ranking Médio (RM) por meio da Equação (21), conforme apresentado no Gráfico 7.

Gráfico 7 – Ranking Médio dos resultados das equipes na avaliação



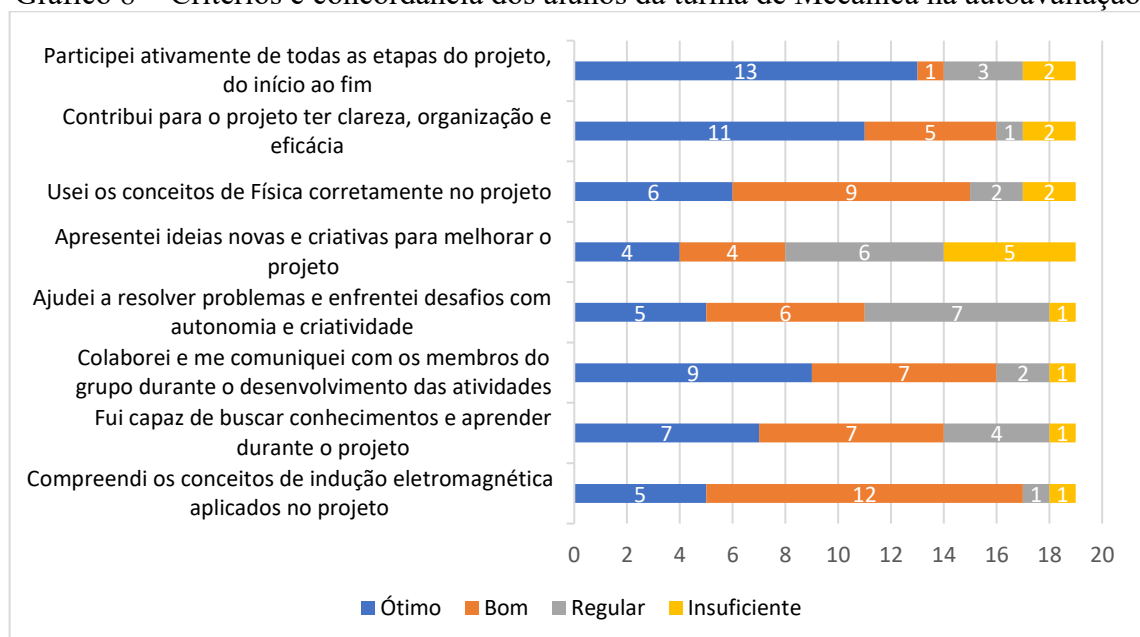
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com base no Gráfico 7, observa-se que os desempenhos das equipes nos critérios avaliados foram consideravelmente satisfatórios, entre “Bom” e “Ótimo”, situando-se próximos ao valor 4 na escala de concordância. É possível perceber que houve a colaboração, criatividade, argumentação e outras habilidades demonstradas pelas equipes.

5.4.1.2 Análise da rubrica autoavaliativa

Após a realização da investigação e de todas as atividades propostas, os alunos da turma de Mecânica preencheram uma rubrica de autoavaliação composta por oito critérios, avaliados segundo a escala *Likert*: Ótimo (4), Bom (3), Regular (2) e Insuficiente (1) (Ver Gráfico 8).

Gráfico 8 – Critérios e concordância dos alunos da turma de Mecânica na autoavaliação

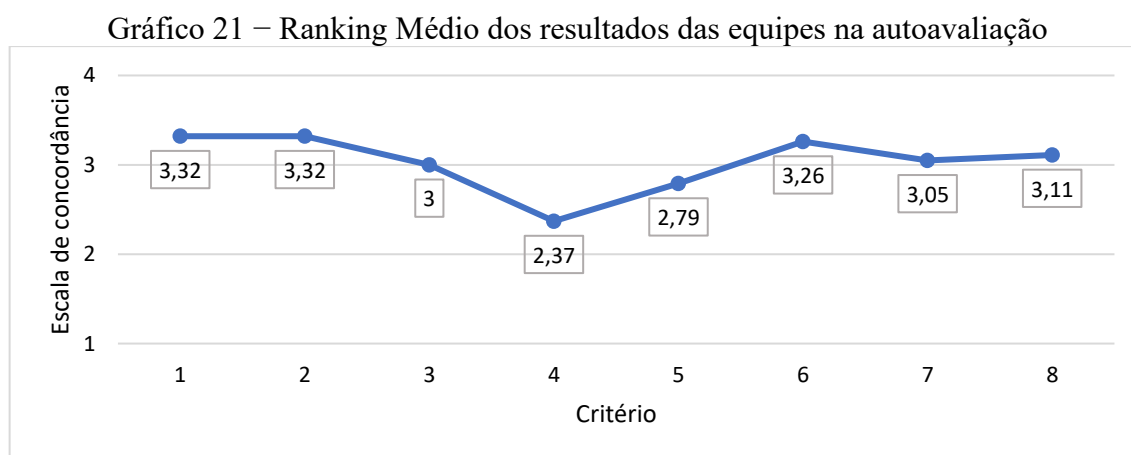


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Gráfico 8, observa-se que a maioria dos alunos indicou o nível de concordância “Ótimo” nos critérios: “Participei ativamente de todas as etapas do projeto, do início ao fim”, “Contribuí para o projeto ter clareza, organização e eficácia” e “Colaborei e me comuniquei com os membros do grupo durante o desenvolvimento das atividades”. Esses resultados evidenciam que os alunos conseguiram colaborar e se comunicar de forma efetiva, promovendo a troca de ideias e discussões ao longo do desenvolvimento da investigação.

O critério “Fui capaz de buscar conhecimentos e aprender durante o projeto” apresentou um empate, com sete indicações nos níveis “Ótimo” e “Bom”. Tal resultado demonstra que, em sua maioria, os alunos reconheceram que conseguiram aprender durante o processo investigativo. Nos critérios “Usei os conceitos de Física corretamente no projeto” e “Compreendi os conceitos de indução eletromagnética aplicados no projeto”, a maior parte dos alunos indicou o nível “Bom”. Isso mostra que os estudantes conseguiram assimilar uma parcela significativa dos conceitos trabalhados ao longo das atividades.

Em relação aos critérios “Apresentei ideias novas e criativas para melhorar o projeto”, que exibiu um certo equilíbrio entre as indicações dos alunos, e “Ajudei a resolver problemas e enfrentei desafios com autonomia e criatividade”, a maioria das respostas concentrou-se no nível “Regular”. Esse resultado revela que alguns alunos apresentaram dificuldades tanto na geração de ideias quanto na resolução de problemas, possivelmente em razão de se tratar de uma atividade que exige maior autonomia e colaboração entre os estudantes, com mínima intervenção do professor, além da pouca vivência prévia com atividades e projetos semelhantes em outras disciplinas. O Gráfico 21 a seguir apresenta o Ranking Médio (RM) obtido a partir das autoavaliações dos alunos em que os critérios de 1 a 8 são os mesmos critérios do Gráfico 20 organizados de cima para baixo.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Gráfico 21, observa-se que apenas os critérios 4 e 5 apresentaram valores abaixo de três na escala de concordância, com RM de 2,37 e 2,79, respectivamente. Isso revela que os alunos apresentaram dificuldades nesses critérios, situando-se entre os níveis “Bom” e “Regular”. Por outro lado, os critérios 1 e 2 apresentaram os maiores valores de RM, ambos com 3,32, posicionando-se entre “Bom” e “Ótimo”. Esses resultados demonstram que os alunos conseguiram assimilar e aplicar os conhecimentos relacionados ao fenômeno da indução eletromagnética.

5.4.2 Atividade de investigação na turma de Química

Inicialmente, na turma de Química, os alunos foram organizados em 4 grupos, onde participaram 17 alunos, onde ficaram 2 grupos com 6 integrantes e 1 grupo com 5 integrantes.

Figura 15 – Elaboração dos grupos e etapas iniciais da investigação



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Ademais, os alunos escolheram o nome de seu grupo, tendo entre eles: *Os antagonistas*, *Meus amores* e *Os protagonistas e cia*. Como definido em sala em aula, além disso, os grupos definiram a pergunta de pesquisa, hipótese de pesquisa, materiais e procedimentos (Quadro 29).

Quadro 29 – Pergunta e hipótese de pesquisa dos grupos da turma de Química

Grupo	Pergunta de pesquisa	Hipótese de pesquisa
<i>Os antagonistas</i>	<i>Entre os ímãs de Ferrita e Neodímio, qual será o mais eficiente entre os dois para acender o led?</i>	<i>O Neodímio será o que ligará o led</i>

<i>Meus amores</i>	<i>Porque a superfície do meio não tem propriedade magnética para atrair os metais</i>	<i>Pois o que atrai é o prego, e no meio não há uma superfície de contato para o prego, pois está coberto pelo fio condutor.</i>
<i>Os protagonistas e cia</i>	<i>A distância longitudinal da bobina importa se o comprimento do fio for o mesmo?</i>	<i>Menores distancias favorecem uma maior corrente gerada</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 29, as perguntas e hipóteses no geral, foram voltadas para a diferença do material do ímã em relação a intensidade do campo magnético, de modo a verificar a diferença de potencial (DDP) ou o acendimento do LED. Com base nisso, o Quadro 30 exibe os materiais escolhidos e os procedimentos definidos.

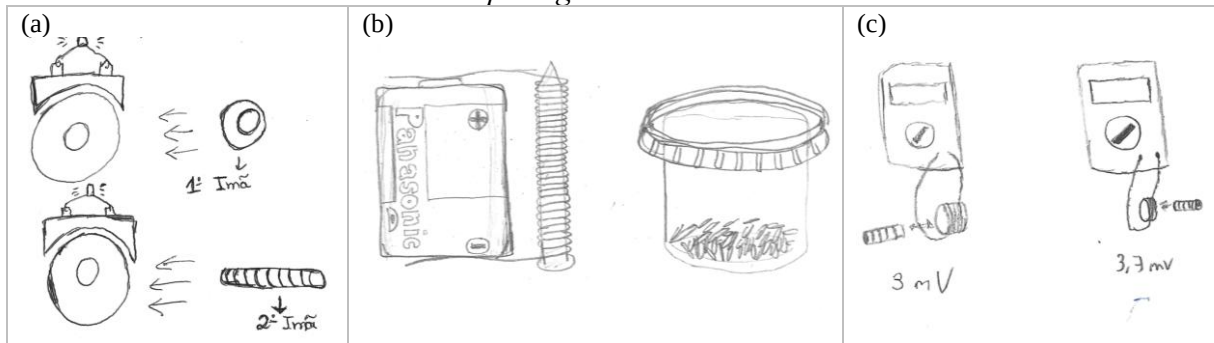
Quadro 30 – Materiais e procedimentos dos grupos da turma de Química

Grupo	Materiais	Procedimentos
<i>Os antagonistas</i>	<i>Duas bobinas e dois ímãs e multímetro.</i>	<i>Colocaremos as duas bobinas e passaremos os ímãs por elas, assim comparando as duas.</i>
<i>Meus amores</i>	<i>Pilha, prego envolvido com fio de cobre, pote com metal</i>	<i>Conectar os dois polos do fio condutor aos polos correspondentes da pilha e aproximar dos pedaços de metal</i>
<i>Os protagonistas e cia</i>	<i>2 seções de fios com o mesmo comprimento 2 suportes para as bobinas 1 ímã</i>	<i>Montar duas bobinas, uma com os fios dispersos e outra com voltas condensadas, e testar a corrente gerada por cada uma delas com o mesmo ímã.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Assim sendo, os materiais escolhidos foram: ímã, pedaços de metal, prego, LED, fio de cobre, bobina e multímetro. Na escolha do procedimento, o grupo *Os antagonistas* escolheu determinar a diferença de intensidade do campo magnético do ímã A (1 unidade) e ímã B (2 unidades) em relação a mesma bobina de micro-ondas com o uso do multímetro na escala da tensão elétrica. O grupo *Meus amores* escolheu enrolar o fio de cobre paralelamente para produzir dois solenoides com números de voltas diferentes e conectar a uma pilha de 1,5 V, com o objetivo de verificar o fenômeno da atração produzida pelo eletroímã. O grupo *Os protagonistas e cia* escolheu produzir duas bobinas, enrolando o fio de cobre sobreposta no corpo de dois pedaços de tubo de PVC com comprimentos de 5 cm e de 10 cm, respectivamente, com o objetivo de verificar variação na intensidade do campo magnético induzido. Portanto, com as etapas anteriores finalizadas e com o artefato definido, os grupos representaram via desenho o artefato que iriam montar, evidenciando-o no processo final. A Figura 16, mostra as representações dos três grupos na sequência: *Os antagonistas*, *Meus amores* e *Os protagonistas e cia*.

Figura 16 – Representação do artefato. (a) *Os antagonistas*; (b) *Meus amores*; e (c) *Os protagonistas e cia*



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Adiante, os grupos selecionaram os materiais e equipamentos que foram necessários para realização da investigação (Figura 17).

Figura 17 – Elaboração do artefato e a realização da investigação



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme a Figura 17, é possível perceber que os artefatos dos grupos *Meus amores* e *Os protagonistas e cia* seguiram uma premissa semelhante, pois focalizaram as investigações

na variação de voltas do fio de cobre na formação do solenoide e bobina, na busca por comparação de intensidade do campo magnético e seus efeitos na atração.

Após essa etapa, os grupos analisaram e relacionaram as suas descobertas à teoria sobre o fenômeno da indução eletromagnética trabalhado em sala de sala, assim, apresentaram seus resultados e suas conclusões voltados à pergunta e hipótese (Quadro 31).

Quadro 31 – Resultados e conclusões dos grupos da turma de Química

Grupo	Resultados	Conclusões
<i>Os antagonistas</i>	<i>A tensão média no ímã neodímio deu 1 V A tensão média no ímã ferrita deu 0,15 V</i>	<i>O ímã de neodímio é mais eficaz que o ímã de ferrita pois, há uma maior tensão apontada no multímetro, ou seja, tem um maior campo magnético.</i>
<i>Meus amores</i>	<i>Se pegarmos um solenoide com mais voltas de cobre, podemos observar que ele atrai mais do que 2º exemplo (30 volts). Isso se dá pois quanto mais volts tiver, mais forte é o campo. Podemos observar também que no meio do solenoide continua com ausência de atração.</i>	<i>Nossa hipótese estava correta, o que atrai é o prego. O meio não atrai pois não há superfície de contato referente ao prego.</i>
<i>Os protagonistas</i>	<i>A bobina com maior distância longitudinal obteve tensão de 3mV, enquanto a com menor distância obteve tensão de 9,7mV.</i>	<i>De acordo com o observado, se comprova a hipótese de que uma menor distância favorece maior corrente, pela maior tensão.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em conclusão, os grupos evidenciaram o cumprimento da Lei de Faraday e a Lei de Lenz, onde há maior quantidade de voltas de fio de cobre, seja na bobina ou no solenoide, há aumento da intensidade do campo magnético, onde puderam perceber via tensão elétrica. Como também, com o acréscimo de quantidade de ímãs ou com a mudança do material do ímã (ferrite e neodímio), verificaram a ação do fenômeno da indução eletromagnética.

5.4.2.1 Análise da rubrica avaliativa

Durante e ao término da investigação, as equipes foram avaliadas com base em cinco critérios, utilizando a escala *Likert* de 1 a 4, conforme apresentado no Quadro 32.

Quadro 32 – Critérios e desempenho das equipes da turma de Química

Critérios	<i>Os protagonistas e cia</i>	<i>Os antagonistas</i>	<i>Meus amores</i>
Planejamento e organização	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Participação ativa e reflexiva	Ótimo	Ótimo	Ótimo
Resolução de problemas	Bom	Bom	Bom
Criatividade e inovação	Ótimo	Bom	Bom

Comunicação e argumentação científica	Ótimo	Ótimo	Bom
Nota grupal (pontuação)	19	18	17

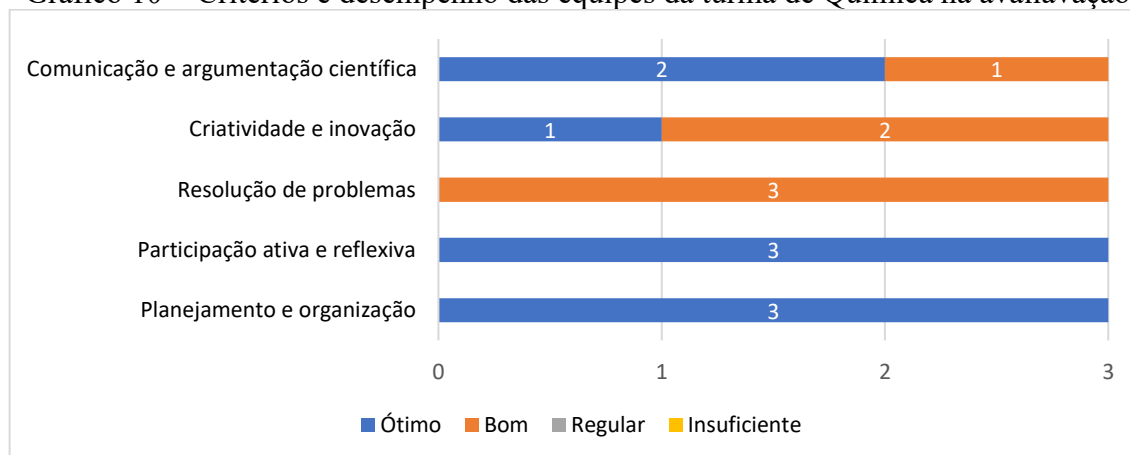
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 32, o grupo *Os protagonistas e cia* apresentou o melhor desempenho, conforme as observações do pesquisador, enquanto o grupo *Meus amores* obteve o menor desempenho. Essa diferença ocorreu devido ao tipo de artefato investigado, ao nível de autonomia e à capacidade de explicação dos resultados demonstrado pelos grupos.

O grupo *Os protagonistas e cia* manteve a mesma quantidade de ímãs e variou o tamanho do solenoide, utilizando o mesmo comprimento de fio de cobre em ambas as configurações. O grupo demonstrou colaboração e autonomia, uma vez que conseguiu seguir os procedimentos propostos e chegar a conclusões fundamentadas na Lei de Faraday e na Lei de Lenz. O grupo *Os antagonistas* variou tanto a quantidade quanto os materiais dos ímãs, utilizando ferrite e neodímio. Apesar de terem recorrido a bobinas prontas, conseguiram realizar a prática com autonomia. Por sua vez, o grupo *Meus amores* modificou a quantidade de espiras do solenoide, porém apresentou algumas dificuldades na compreensão e na explicação dos resultados obtidos.

A seguir, apresentam-se os cinco critérios avaliados, organizados de acordo com os níveis de desempenho: Ótimo (4), Bom (3), Regular (2) e Insuficiente (1), conforme ilustrado no Gráfico 10.

Gráfico 10 – Critérios e desempenho das equipes da turma de Química na avaliação

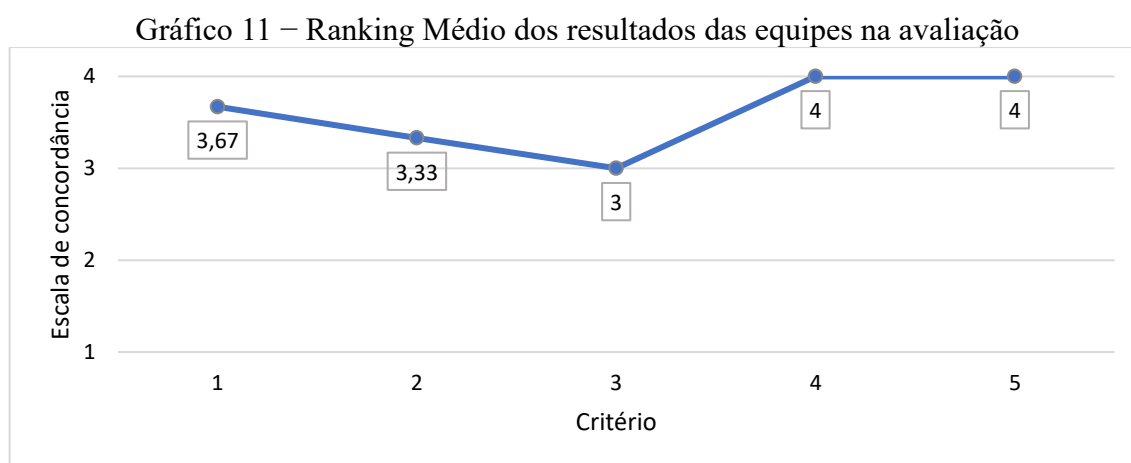


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Gráfico 10, observa-se que os grupos receberam o nível “Ótimo” nos critérios “Planejamento e organização” e “Participação ativa e reflexiva”, indicando que os alunos conseguiram planejar, colaborar e participar de forma estruturada, seguindo as suas

etapas da investigação. O critério “Resolução de problemas” destacou-se por todos os grupos alcançarem o nível “Bom”, evidenciando que, em alguns momentos, não houve total controle sobre o artefato ou sobre a investigação. Já no critério “Comunicação e argumentação científica”, a maioria obteve desempenho “Ótimo”, demonstrando que os alunos conseguiram relacionar os resultados práticos com a teoria discutida em sala de aula. Por fim, o critério “Criatividade e inovação” apresentou, em sua maioria, desempenho “Bom”, o que indica que os alunos foram capazes de gerar ideias e propor criações, embora tenham mantido os artefatos relativamente simples.

Para destacar o desempenho das equipes, o Ranking Médio (RM) foi calculado utilizando a Equação (21), conforme apresentado no Gráfico 11.



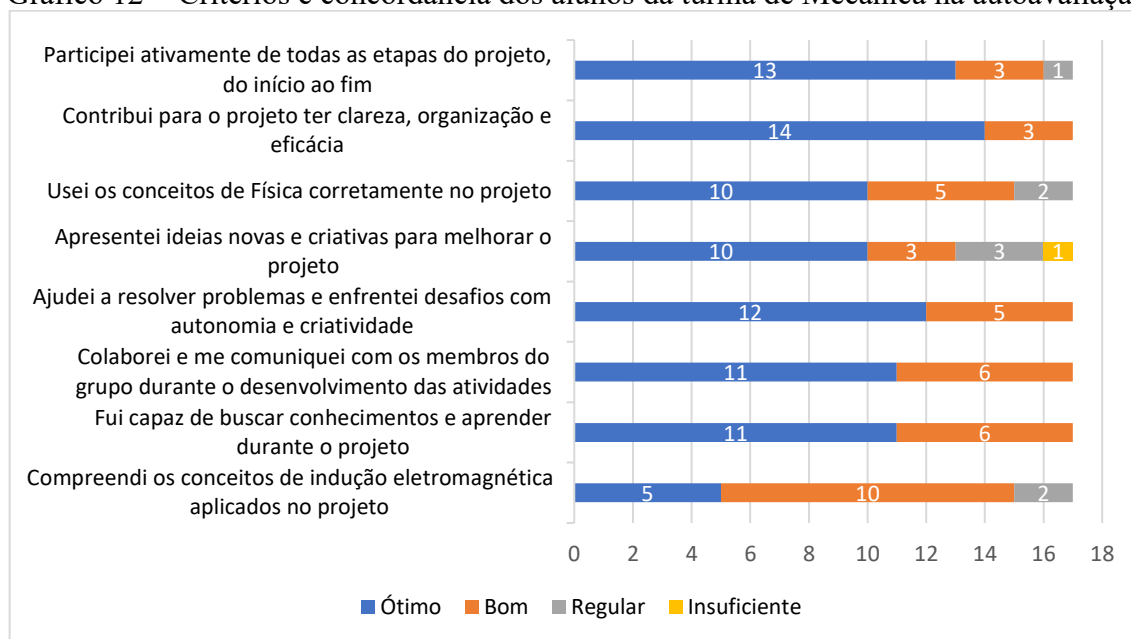
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Gráfico 11, nota-se que os critérios 4 e 5 atingiram o RM máximo, enquanto o critério 3 apresentou o menor RM. De modo geral, todos os grupos apresentaram RM entre 3 e 4, indicando desempenhos satisfatórios, situando-se entre os níveis “Bom” e “Ótimo” na escala de concordância. Conforme as observações do pesquisador, foi possível perceber a presença de autonomia, colaboração e outras habilidades demonstradas pelas equipes ao longo da atividade.

5.4.2.2 Análise da rubrica autoavaliativa

Ao término das atividades, o aluno foi submetido a responder a rubrica autoavaliativa para avaliar seu próprio desempenho na execução da investigação, como exhibe o Gráfico 12.

Gráfico 12 – Critérios e concordância dos alunos da turma de Mecânica na autoavaliação

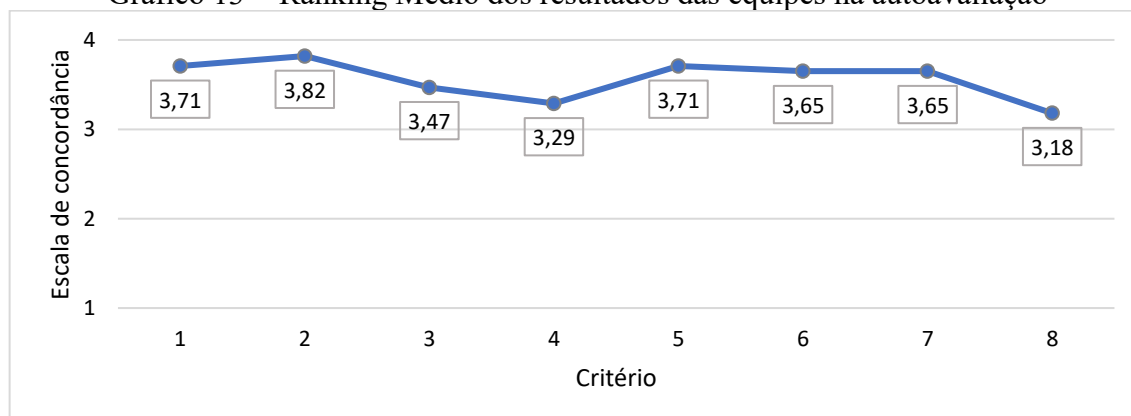


Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Gráfico 12, nota-se que, em sete dos oito critérios, a maioria dos alunos indicou ter alcançado o desempenho “Ótimo”, com pelo menos dez alunos apontando essa escala. Apenas no critério “Compreendi os conceitos de indução eletromagnética aplicados no projeto” a maioria dos alunos indicou o nível “Bom”. Esses resultados demonstram que a maior parte da turma conseguiu realizar as atividades planejadas, relacionando de forma eficaz os conceitos físicos com a prática investigativa.

De modo a analisar esses resultados, foi realizado o Ranking Médio (RM) dos resultados da rubrica autoavaliativa da turma de Química, conforme exibido no Gráfico 13.

Gráfico 13 – Ranking Médio dos resultados das equipes na autoavaliação



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Gráfico 13, em que os critérios de 1 a 8 são os mesmos critérios do Gráfico 24 organizados de cima para baixo, observa-se que todos os critérios ficaram situados entre os níveis “Bom” e “Ótimo”, sendo o critério 8 o de menor RM com 3,18 e o critério 2 o de maior RM com 3,82. Esses resultados indicam que os alunos conseguiram assimilar os conceitos físicos trabalhados e realizar as atividades propostas, tanto na dimensão teórica quanto prática, sem apresentar muitas dificuldades.

5.5 Descrição do pós-teste

Assim como no pré-teste, foi realizado uma análise estatística descritiva das questões aplicadas às turmas de Mecânica (19 alunos) e de Química (17 alunos). Essa análise possibilitou a identificação das alternativas mais assinaladas em cada questão, considerando acertos e erros, conforme o Quadro 33.

Quadro 33 – Descrição do pós-teste das turmas de Mecânica e Química

Q	Enunciado	Resposta correta	Mecânica	Química
			Erro mais indicado	Erro mais indicado
1	A corrente elétrica só ocorre quando:	e) Existe um circuito fechado e uma diferença de potencial que impulsiona as cargas.	-	-
2	Um fio percorrido por corrente elétrica gera:	d) Um campo magnético ao seu redor.	b) Campo elétrico, mas não campo magnético.	b) Campo elétrico, mas não campo magnético.
3	O sentido da corrente elétrica convencional é definido como:	c) Do polo positivo para o negativo da fonte.	a) Do polo negativo para o polo positivo da fonte.	a) Do polo negativo para o polo positivo da fonte.
4	Em qual desses dispositivos o ímã é fundamental para o funcionamento?	b) Alto-falante.	d) Lâmpada incandescente.	e) Relógio digital.
5	Como um campo magnético é gerado?	a) Pela movimentação de cargas elétricas em um fio condutor.	c) Pela formação de um campo elétrico em um ímã.	c) Pela formação de um campo elétrico em um ímã.
6	O sentido das linhas de campo magnético ao redor de um fio depende:	c) Do sentido da corrente elétrica.	d) Da resistência elétrica.	a) Do material do fio.
7	Qual das opções exemplifica a “força de repulsão” entre os polos de dois ímãs?	d) A força de repulsão se deve pela interação de polos iguais.	-	-
8	A indução eletromagnética ocorre quando há:	b) Variação do fluxo magnético sobre um condutor.	a) Corrente constante em um condutor imerso em campo fixo.	a) Corrente constante em um condutor imerso em campo fixo.

				d) Atração de materiais não metálicos e metálicos.
9	O movimento de um ímã em direção a uma bobina gera:	a) Uma corrente elétrica induzida.	b) Um acúmulo de carga elétrica estática.	d) Uma alteração permanente na resistência da bobina.
10	Por que materiais ferromagnéticos são usados na fabricação de núcleos de eletroímãs?	d) Porque contribuem para a intensidade do campo magnético.	c) Porque amplificam a corrente elétrica.	a) Porque não conduzem eletricidade. c) Porque amplificam a corrente elétrica.
11	O que acontece com os domínios magnéticos de um material quando ele é desmagnetizado?	b) Eles se reorganizam de forma aleatória, cancelando o campo magnético resultante.	e) O material se torna um isolante elétrico e magnético.	d) O material perde todos os seus elétrons livres.
12	Em qual das situações abaixo ocorre o processo de imantação temporária?	b) Quando um prego de ferro é colocado próximo a um ímã.	e) Quando um metal é exposto ao campo elétrico de uma bateria.	e) Quando um metal é exposto ao campo elétrico de uma bateria.
13	A corrente alternada (CA) é aquela que:	c) Inverte seu sentido periodicamente.	-	b) Não depende da voltagem.
14	Marque a alternativa que melhor descreve o comportamento da bússola com o campo magnético da Terra.	b) A agulha da bússola aponta para o Norte Geográfico, que corresponde fisicamente a um polo Sul Magnético.	a) A agulha da bússola aponta para o Norte Geográfico, pois é atraída pela rotação da Terra.	a) A agulha da bússola aponta para o Norte Geográfico, pois é atraída pela rotação da Terra.
15	Qual dos dispositivos abaixo funciona com base na indução eletromagnética?	c) Gerador elétrico.	d) Lâmpada de LED.	d) Lâmpada de LED.
16	A indução eletromagnética é fundamental para:	a) Produzir energia elétrica a partir do movimento do vento.	d) Armazenar energia em baterias químicas.	d) Armazenar energia em baterias químicas.
17	A energia proveniente de fontes renováveis é considerada mais sustentável porque:	d) Utiliza recursos que se regeneram naturalmente.	-	-
18	Qual das alternativas abaixo destaca uma desvantagem associada ao uso de fontes de energia renováveis?	c) Requerem tecnologias avançadas e altos custos de instalação inicial.	b) Reduzem os impactos ambientais causados pelo uso de recursos não renováveis.	a) Contribuem para o desenvolvimento sustentável, conforme defendido por especialistas.
19	Em relação ao cenário energético brasileiro, marque a alternativa correta:	a) A produção de energia elétrica no Brasil é predominantemente hidráulica.	e) As principais instalações eólicas brasileiras estão instaladas no Centro-Oeste.	d) O Brasil possui grandes depósitos de carvão mineral no Nordeste do país. e) As principais instalações eólicas brasileiras estão instaladas no Centro-Oeste.
20	Qual é a principal característica das fontes de energia não renováveis?	e) Possuem estoques limitados e podem se esgotar com o uso contínuo.	a) Estão disponíveis de forma ilimitada na natureza. b) São obtidas por meio de	-

			processos renováveis.	naturais	
--	--	--	--------------------------	----------	--

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

O pós-teste (APÊNDICE B) está organizado da seguinte maneira: as questões 1, 2, 3 e 13 concentram-se na definição da corrente elétrica e de seu sentido. As questões 4 e 7 exploram as propriedades do ímã, e as questões 5, 6, 10 e 14 abordam o campo magnético e o modo como esses elementos se comportam com interação. As questões 8, 9 e 15 envolvem conteúdos relacionados ao campo magnético e ao fenômeno de indução eletromagnética. Já as questões 11 e 12 abordam a imantação. Por fim, as questões 16 a 20 tratam da geração de energia e dos impactos, tanto positivos quanto negativos, das fontes renováveis e não renováveis.

Na turma de Mecânica, os maiores índices de acerto foram observados nas Questões 1, 7, 13 e 17 (100%), seguidas das Questões 18 e 20 (89,47%), das Questões 14 e 19 (84,21%), das Questões 3, 6, 8, 9 e 10 (73,68%), da Questão 16 (63,16%) e da Questão 11 (57,89%). Ao todo, 15 questões apresentaram desempenho superior a 50% de acertos, abrangendo conteúdos de corrente elétrica (Q1, Q3 e Q13), campo magnético (Q6, Q10 e Q14), propriedades do ímã (Q7), indução eletromagnética (Q8 e Q9), imantação (Q11) e geração de energia (Q16 a Q20). Esse resultado sugere uma boa compreensão da relação dos conceitos abstratos com os conceitos concretos.

Por outro lado, as maiores dificuldades concentraram-se na Questão 5 (26,32% de acertos), na Questão 12 (42,11%) e nas Questões 2, 4 e 15 (47,37%), todas com predominância de erros. Esses dados indicam fragilidades em assuntos relacionados à indução eletromagnética e à compreensão de alguns conceitos específicos do magnetismo.

Na turma de Química, os maiores índices de acerto foram as Questões 1, 7, 17 e 20 (100%), as Questões 6, 13 e 18 (94,12%). Também se destacam as Questões 10 e 19 (88,24%), as Questões 9 e 14 (82,35%), a Questão 8 (70,59%), a Questão 11 (64,71%), a Questão 15 (58,82%) e as Questões 3, 5 e 12 (52,94%). No total, 17 questões apresentaram índices superiores a 50% de acerto, distribuídas entre os assuntos de corrente elétrica (Q1, Q3 e Q13), propriedades do ímã (Q4), campo magnético (Q5, Q6, Q10 e Q14), indução eletromagnética (Q8, Q9 e Q15), imantação (Q11 e Q12) e geração de energia (Q17 a Q20), evidenciando uma boa assimilação dos conteúdos teóricos e contextualizados.

Em contrapartida, as maiores dificuldades dessa turma foram registradas na Questão 16 (35,29% de acertos), na Questão 4 (41,18%) e na Questão 2 (47,37%). Embora em menor número, essas dificuldades indicam que parte dos estudantes ainda apresenta limitações na

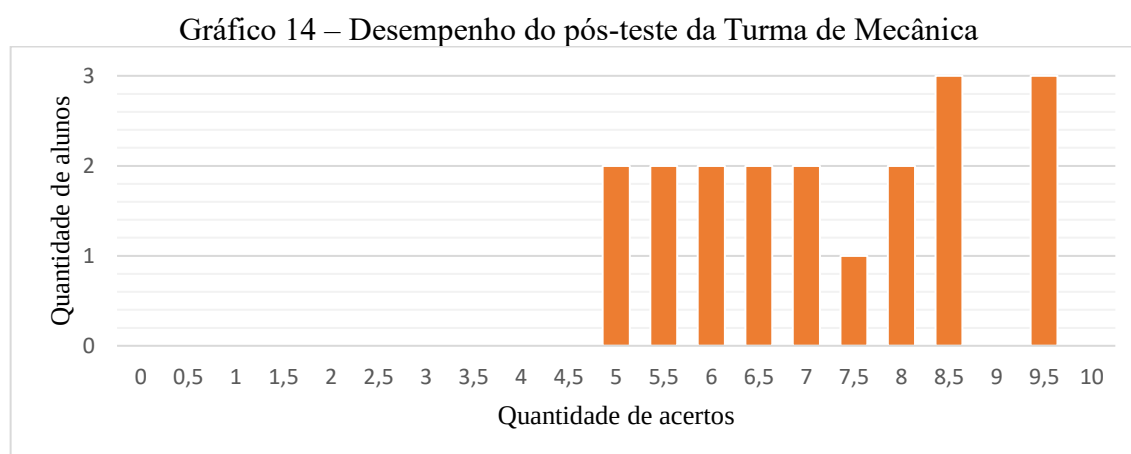
compreensão de conteúdos relacionados à indução eletromagnética e à interpretação de suas aplicações práticas.

5.6 Análise do desempenho do pós-teste

A partir da análise quantitativa do desempenho no pós-teste, com base na quantidade de acertos de cada turma, foram identificadas as medidas de tendência central (média, moda e mediana) e as medidas de dispersão (variância, desvio-padrão e amplitude). A partir da média da turma no pós-teste, será considerado o nível de desempenho do aluno.

5.6.1 Análise do desempenho do pós-teste da turma de Mecânica

A seguir, observa-se o Gráfico 14, que ilustra a relação entre a quantidade de alunos e a quantidade de acertos obtidos no pós-teste da turma de Mecânica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com cada questão valendo 0,5 ponto, foram calculadas a média, a mediana, a moda e a amplitude, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados do pós-teste da turma de Mecânica

Média	Mediana	Modas	Variância	Desvio-Padrão	Coefficiente de variação	Amplitude
7,24	7	8,5 e 9,5	2,1939	1,4812	20,46%	4,5

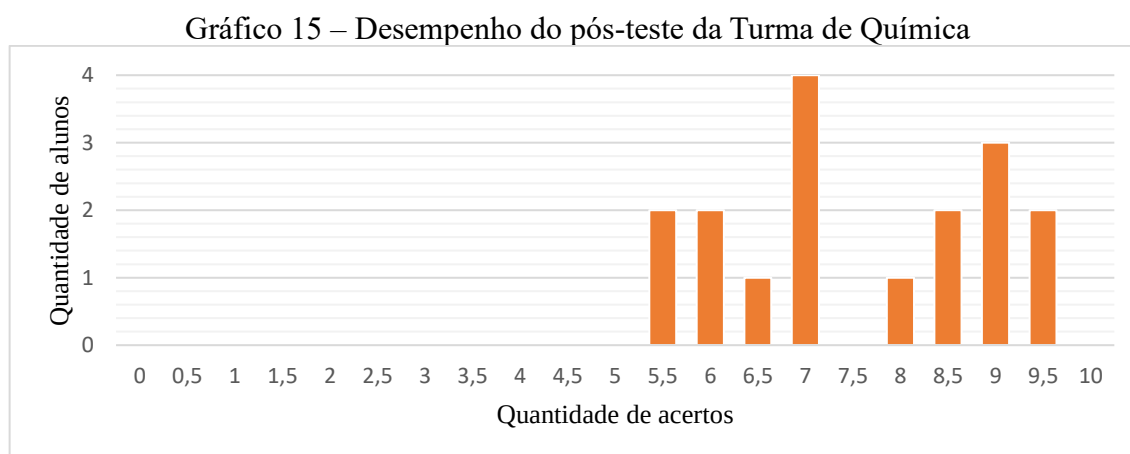
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Segundo os dados acima, a turma de Mecânica registrou uma média de 7,24 no pós-teste (total de 10 pontos), podendo considerar um rendimento Bom. A mediana de 7, demonstra que metade da turma dos alunos acertaram até esse valor. As modas 8,5 e 9,5, apresentam a

quantidade de acertos mais frequentes e amplitude 4,5, demonstrando uma variação entre o maior e menor pontuação da turma. Em relação à dispersão, a variância (2,1939), desvio-padrão (1,4812) e coeficiente de variação (20,46%), mostram que houve pouca variação entre o desempenho da turma.

5.6.2 Análise do desempenho do pós-teste da turma de Química

A seguir, observa-se o Gráfico 15, que ilustra a relação entre a quantidade de alunos e a quantidade de acertos obtidos no pós-teste da turma de Química.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Com cada questão valendo 0,5 ponto, foram calculadas a média, a mediana, a moda e a amplitude, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Resultados do pós-teste da turma de Química

Média	Mediana	Modas	Variância	Desvio-Padrão	Coeficiente de variação	Amplitude
7,56	7	7	1,8495	1,3599	17,99%	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir dos dados acima, a turma de Química obteve uma média de 7,56 no pós-teste (total de 10 pontos), podendo considerar um rendimento Bom. A mediana de 7, apresenta que metade da turma registrou acertos até esse valor. A moda 7, representa que a pontuação foi a mais recorrente e amplitude 4, demonstra uma variação entre a maior e a menor pontuação da turma. Em relação à dispersão, a variância (1,8495), desvio-padrão (1,3599) e coeficiente de variação (17,99%), indicam que houve pouca variação no desempenho da turma.

5.7 Análise comparativa do desempenho entre o pré-teste e o pós-teste

Esse tópico está dividido em dois subtópicos, iniciando com a análise estatística descritiva do desempenho no pré-teste e pós-teste, considerando a quantidade de acertos de cada aluno por turma. Foram realizadas comparações intragrupo entre as medidas de tendência central (média, moda e mediana) e as medidas de dispersão (variância, desvio-padrão e amplitude), além da distribuição dos dados através do *bloxspot* e do histograma.

Em seguida, com o objetivo de avaliar o efeito da intervenção pedagógica sobre o desempenho dos estudantes, foram realizados testes estatísticos inferenciais, respeitando os pressupostos necessários para a aplicação de procedimentos paramétricos. Inicialmente, considerando que as medidas de desempenho foram obtidas a partir dos mesmos indivíduos em dois momentos distintos (pré-teste e pós-teste), definiu-se a variável diferença como a subtração entre as notas do pós-teste e do pré-teste. A normalidade da variável diferença foi avaliada por meio dos testes de Kolmogorov–Smirnov com correção de Lilliefors e Shapiro–Wilk, sendo este último priorizado por sua maior adequação para amostras de tamanho reduzido. As hipóteses testadas foram:

$$\begin{cases} H_0: a \text{ distribuição das diferenças é normal} \\ H_1: a \text{ distribuição das diferenças não é normal} \end{cases}, \quad (22)$$

a não rejeição da hipótese nula em ambas as turmas indicou que a distribuição das diferenças pode ser considerada aproximadamente normal, atendendo ao pressuposto necessário para a aplicação do teste t de Student para amostras pareadas (Bussab; Morettin, 2010; Field, 2009; Lima, 2021).

Após verificada a normalidade das diferenças, aplicou-se o teste t de Student para amostras pareadas, em sua forma bilateral, com o objetivo de comparar as médias das notas obtidas no pré-teste e no pós-teste. As hipóteses formuladas foram:

$$\begin{cases} H_0: \mu_{pré} = \mu_{pós} \\ H_1: \mu_{pré} \neq \mu_{pós} \end{cases}, \quad (23)$$

equivalentemente,

$$\begin{cases} H_0: \mu_d = 0 \\ H_1: \mu_d \neq 0 \end{cases}, \quad (24)$$

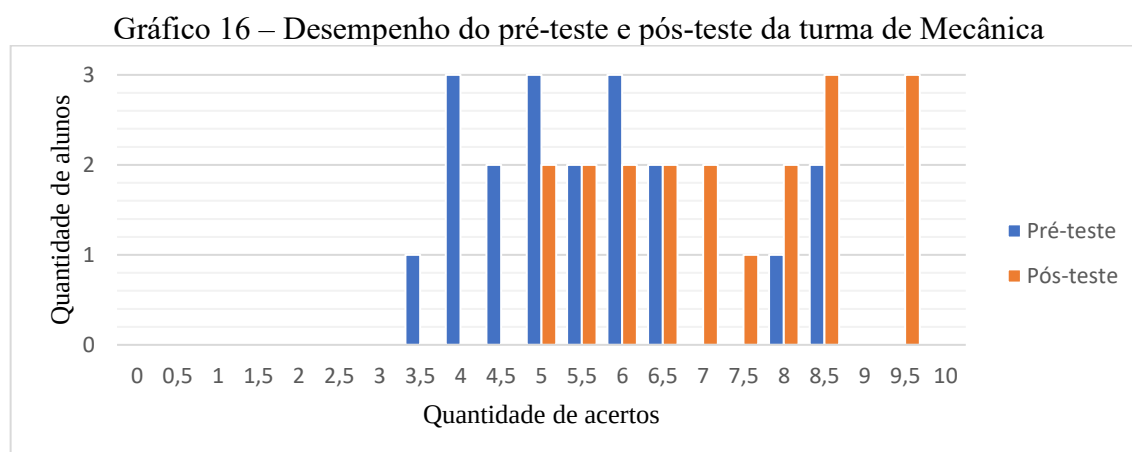
em que μ_d representa a média populacional das diferenças entre as notas do pós-teste e do pré-teste. O nível de significância adotado foi de $\alpha = 0,05$. A rejeição da hipótese nula indicou a existência de diferença estatisticamente significativa entre as médias das avaliações, permitindo inferir que a intervenção pedagógica exerceu efeito significativo sobre o desempenho dos

estudantes (Field, 2009; Lima, 2025). Todas as análises estatísticas foram realizadas no *software IBM SPSS Statistics*, assegurando a reprodutibilidade dos procedimentos adotados. A escolha do teste t pareado fundamenta-se no fato de que o teste é aplicado diretamente sobre a variável diferença, sendo desnecessária a verificação isolada da normalidade das distribuições do pré-teste e do pós-teste (Field, 2009).

5.7.1 Análise do desempenho do pré-teste e pós-teste da turma de Mecânica

5.7.1.1 Análise estatística descritiva da turma de Mecânica

O Gráfico 16 mostra a relação entre a quantidade de alunos e os acertos obtidos entre o pré-teste e pós-teste da turma de Mecânica.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Gráfico 16, observa-se que não há uma nota mais recorrente que coincida entre o pré-teste e o pós-teste. Apesar disso, as notas 5,5 e 6,5 aparecem em ambas as avaliações, porém cada uma ocorreu duas vezes. Com o intuito de comparar os resultados e discutir o desempenho da turma, foi elaborado a Tabela 5, que apresenta os resultados obtidos.

Tabela 5 – Resultados do pré-teste e pós-teste da turma de Mecânica

Questionário	Média	Mediana	Modas	Variância	Desvio-Padrão	Coefficiente de variação	Amplitude
Pré-teste	5,61	5,5	4, 5 e 6	2,1205	1,4562	37,80%	5
Pós-teste	7,24	7	8,5 e 9,5	2,1939	1,4812	20,46%	4,5

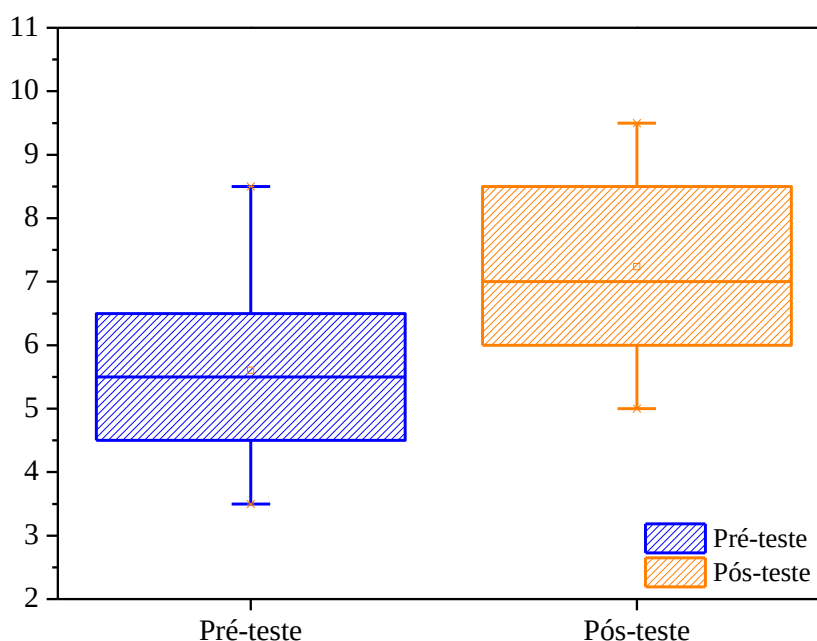
Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A tendência central, como a média, passou de 5,61 no pré-teste para 7,24 no pós-teste, indicando um acréscimo de 1,63 ponto (29,06%). A mediana também aumentou, passando de 5,5 para 7, representando um aumento de 1,5 ponto (27,27%). Além disso, as modas passaram de 4, 5 e 6 no pré-teste para 8,5 e 9,5 no pós-teste, evidenciando uma concentração maior nas notas em faixas superiores.

A dispersão, como a variância, pouco se alterou, indo de 2,1205 no pré-teste para 2,1939 no pós-teste. O mesmo ocorreu com o desvio-padrão, passando de 1,4562 para 1,4812, indicando que a distribuição das notas se manteve praticamente inalterada entre os testes. Ademais, houve redução do coeficiente de variação no pós-teste em relação ao pré-teste, o que indica menor dispersão dos resultados e maior homogeneidade no desempenho dos estudantes. Como também, a amplitude, que corresponde a diferença entre a maior e a menor nota, diminuiu no pós-teste em relação ao pré-teste, indo de 5 para 4,5 pontos, o que representa uma redução de 0,5 ponto (10,00%).

Por fim, foi construído o gráfico *boxplot*, com o objetivo de fornecer uma visão da posição, dispersão, assimetria, caudas e possíveis dados discrepantes (Bussab; Morettin, 2010) do desempenho da turma no pré-teste e no pós-teste, conforme apresentado a seguir:

Gráfico 17 – *Bloxpote* do desempenho da turma de Mecânica do pré-teste e pós-teste



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Observa-se que no pré-teste e no pós-teste, não foram registrados valores abaixo ou acima dos limites. Dessa forma, não houve a presença de *outliers*, que são valores que destoam

do conjunto de dados. Para uma melhor visualização dos dados, foi elaborado a Tabela 6, conforme a seguir.

Tabela 6 – Resultados do *bloxspot* da turma de Mecânica

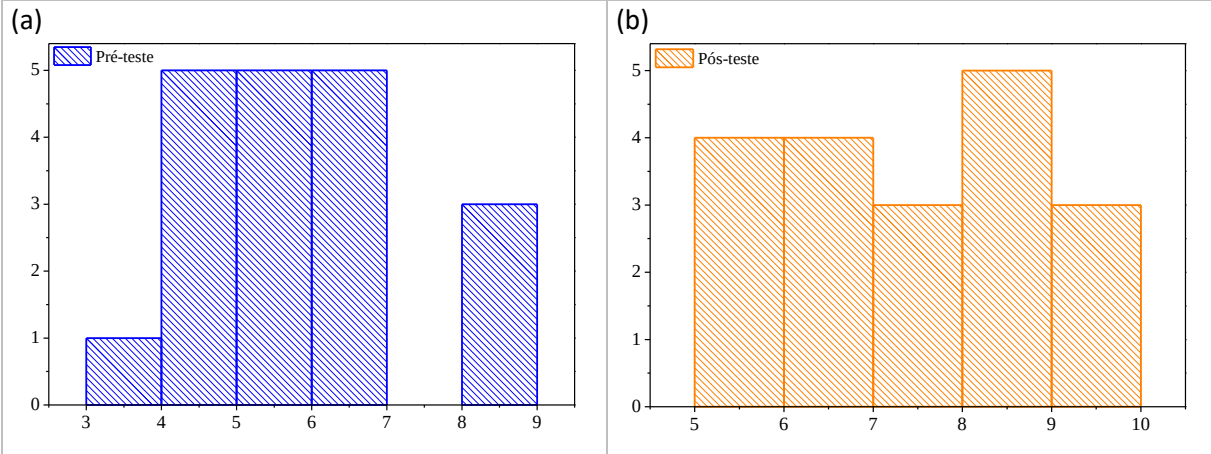
Questionário	Menor	1º Quartil (25%)	2º Quartil (50%)	3º Quartil (75%)	Maior	Valor discrepante
Pré-teste	3,5	4,5	5,5	6,5	8,5	-
Pós-teste	5,0	6,0	7,0	8,5	9,5	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No pré-teste, observa-se que as notas variaram de 3,5 a 8,5, com mediana (segundo quartil) igual a 5,5. O primeiro quartil indica que 25% dos estudantes obtiveram notas de até 4,5, enquanto 75% alcançaram, no máximo, 6,5, evidenciando um desempenho concentrado em níveis inferiores e intermediários. No pós-teste, nota-se que as notas variaram de 5,0 a 9,5, com mediana (segundo quartil) igual a 7,0. O primeiro quartil elevou-se para 6,0, o que demonstra que mesmo os estudantes com desempenho mais baixo apresentaram avanços. Da mesma forma, o terceiro quartil aumentou para 8,5, indicando que 75% da turma passou a apresentar desempenho elevado, o que reforça a melhoria geral no aprendizado após a intervenção.

Para representar a distribuição de frequência das médias dos alunos no pré-teste e pós-teste, foi elaborado o histograma (Gráfico 18), conforme a seguir.

Gráfico 18 – Distribuição dos dados de desempenho da turma de Mecânica: (a) pré-teste; (b) pós-teste



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No Gráfico 18(a), observa-se que o histograma apresenta uma distribuição assimétrica à direita, evidenciando a concentração das notas em níveis moderados. Em contraste, no Gráfico 18(b), o histograma apresenta uma leve assimetria à esquerda, indicando maior concentração dos dados em notas mais elevadas. Além disso, a menor dispersão observada no pós-teste

aponta para maior homogeneidade no desempenho dos estudantes, sugerindo que o processo formativo contribuiu não apenas para o aumento das notas, mas também para a redução das desigualdades de aprendizagem.

5.7.1.2 *Análise estatística inferencial da turma de Mecânica*

Com o objetivo de avaliar o efeito da intervenção pedagógica no desempenho dos alunos na turma de Mecânica, foram comparadas as médias das notas obtidas no pré-teste e no pós-teste, aplicados aos mesmos estudantes ($n=19$). As análises estatísticas foram realizadas no *software IBM SPSS Statistics*. A normalidade das diferenças entre as notas do pós-teste e do pré-teste foi avaliada por meio dos testes de Kolmogorov–Smirnov com correção de Lilliefors e Shapiro–Wilk. Os resultados indicaram que a variável diferença apresentou distribuição aproximadamente normal (Kolmogorov–Smirnov: $D = 0,155$, $p = 0,200$; Shapiro–Wilk: $W = 0,971$, $p = 0,792$), atendendo ao pressuposto necessário para a aplicação de procedimentos paramétricos. Para uma melhor visualização, foi elaborado a Tabela 7.

Tabela 7 – Teste de normalidade da turma de Mecânica

Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
0,155	19	0,200	0,971	19	0,792

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em seguida, aplicou-se o teste t de Student para amostras pareadas, em sua forma bilateral. A média das notas no pré-teste foi de 5,61, enquanto no pós-teste foi de 7,24, resultando em um ganho médio de 1,63 pontos. O teste t pareado revelou diferença estatisticamente significativa entre as médias ($t(18) = 3,97$; $p = 0,0009$), conforme a Tabela 8.

Tabela 8 – Teste t de Student da turma de Mecânica

t de Student		
Estatística	gl	Sig.
3,97	18	0,0009

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

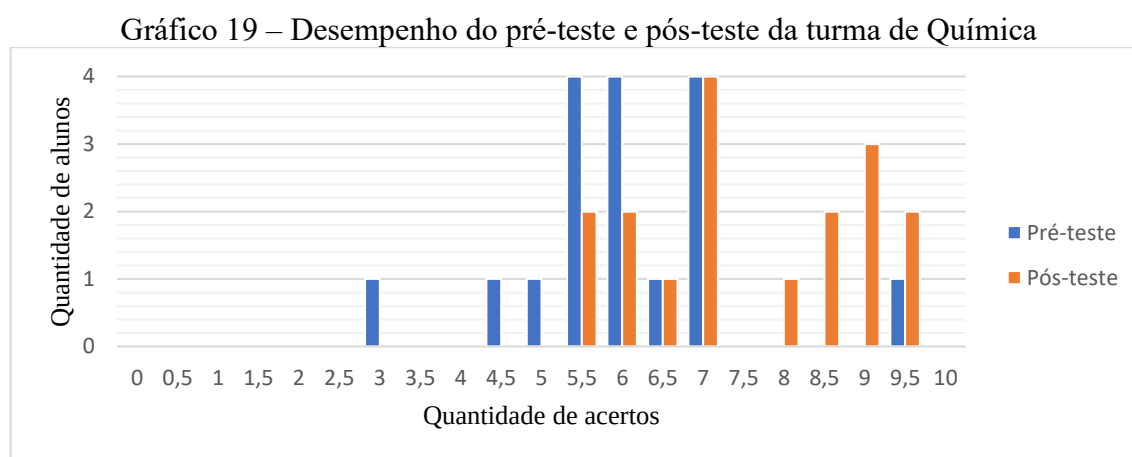
Esses resultados evidenciam que o desempenho dos alunos no pós-teste foi significativamente superior ao observado no pré-teste, semelhante ao desempenho das duas

turmas da pesquisa de Souza (2023), indicando que a intervenção aplicada teve impacto positivo e estatisticamente significativo no aprendizado da turma de Mecânica.

5.7.2 Análise do desempenho do pré-teste e pós-teste da turma de Química

5.7.2.1 Análise estatística descritiva da turma de Química

O Gráfico 19 mostra a relação entre a quantidade de alunos e os acertos obtidos entre o pré-teste e pós-teste da turma de Química.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Gráfico 19, observa-se que a nota mais recorrente e coincidente entre o pré-teste e o pós-teste é 7, alcançada por quatro alunos em cada um dos testes. Com o intuito de comparar os resultados e discutir o desempenho da turma, foi elaborado o Tabela 9, que apresenta os resultados obtidos.

Tabela 9 – Resultados do pré-teste e pós-teste da turma de Química

Questionário	Média	Mediana	Modas	Variância	Desvio-Padrão	Coefficiente de variação	Amplitude
Pré-teste	6,03	6	5,5; 6 e 7	1,7510	1,3233	21,94%	6,5
Pós-teste	7,56	7	7	1,8495	1,3599	17,99%	4

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

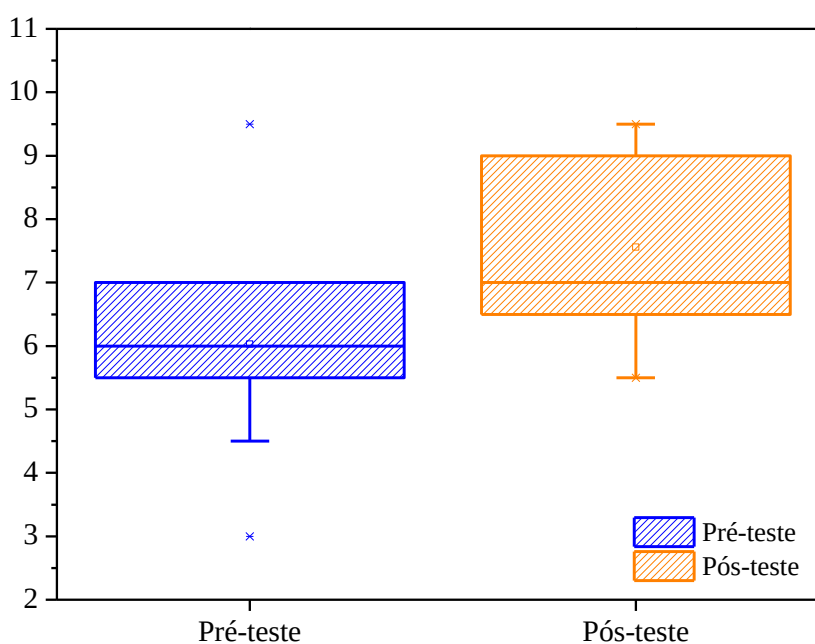
A tendência central, como a média, passou de 6,03 no pré-teste para 7,56 no pós-teste, indicando um acréscimo de 1,53 ponto (25,37%). A mediana também aumentou, passando de 6

para 7, representando um aumento de 1,0 ponto (16,67%). Além disso, as modas passaram de 5,5, 6 e 7 no pré-teste para 7 no pós-teste, evidenciando uma concentração maior na nota 7.

A dispersão, como a variância, apresentou pouca variação, passando de 1,7510 no pré-teste para 1,8495 no pós-teste. O mesmo ocorreu com o desvio-padrão, passando de 1,3233 para 1,3599, indicando que a distribuição das notas pouco se alterou entre os testes. Outrossim, houve redução do coeficiente de variação no pós-teste em comparação ao pré-teste, indicando menor dispersão dos resultados e maior homogeneidade no desempenho dos estudantes. De modo semelhante, a amplitude, que corresponde a diferença entre a maior e a menor nota, diminuiu no pós-teste em relação ao pré-teste, indo de 6,5 para 4 pontos, o que representa uma redução de 2,5 ponto (38,46%).

Por fim, foi construído o *bloxpot* (Gráfico 20) para representar o desempenho da turma no pré-teste e pós-teste abaixo:

Gráfico 20 - *Bloxpot* do desempenho da turma de Química do pré-teste e pós-teste



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Observa-se que no pré-teste foram registrados valores discrepantes (3,0 e 9,5), valores abaixo e acima desses intervalos, que revela a existência de desempenhos atípicos, tanto muito baixos quanto muito elevados. No pós-teste, por sua vez, não houve registro de valores discrepantes. Para uma melhor visualização dos dados, foi elaborada a Tabela 10, apresentada a seguir.

Tabela 10 – Resultados do *bloxspot* da turma de Química

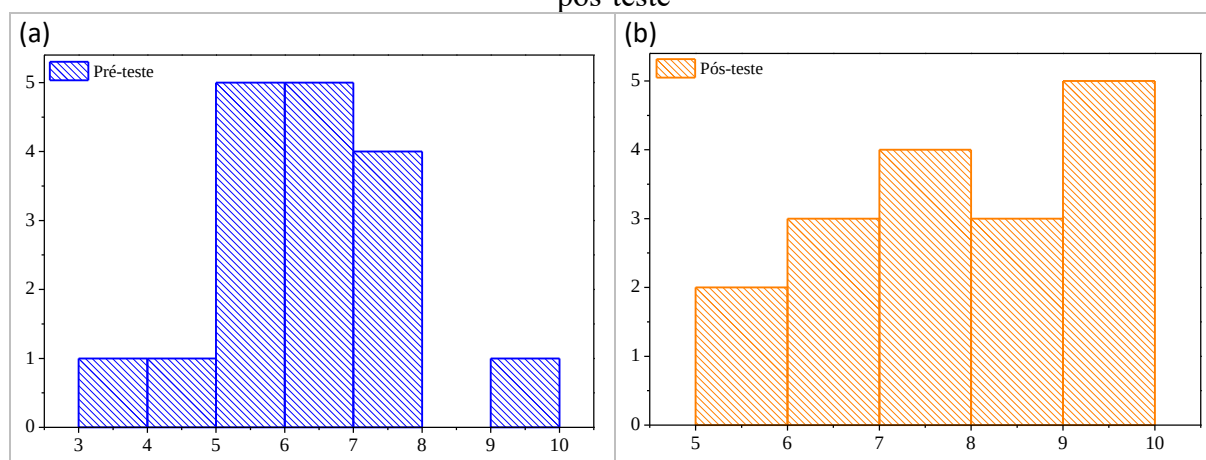
Questionário	Menor	1º Quartil (25%)	2º Quartil (50%)	3º Quartil (75%)	Maior	Valor discrepante
Pré-teste	4,5	5,5	6,0	7,0	7,0	3 e 9,5
Pós-teste	5,5	6,25	7,0	9,0	9,5	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No pré-teste, as notas situaram-se predominantemente entre 4,5 e 7,0, com mediana (segundo quartil) igual a 6,0. O primeiro quartil mostra que 25% dos estudantes obtiveram notas até 5,5, enquanto o terceiro quartil indica que 75% alcançaram, no máximo, 7,0. No pós-teste, as notas variaram de 5,5 a 9,5, com mediana (segundo quartil) igual a 7,0. O primeiro quartil elevou-se para 6,25, indicando avanço inclusive entre os alunos com menor rendimento, enquanto o terceiro quartil aumentou para 9,0, demonstrando que 75% da turma atingiu níveis elevados de desempenho.

Foi construído um histograma (Gráfico 21) para ilustrar a distribuição de frequência das médias dos alunos no pré-teste e no pós-teste.

Gráfico 21 – Distribuição dos dados de desempenho da turma de Química: (a) pré-teste; (b) pós-teste



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No Gráfico 21(a), observa-se que o histograma apresenta uma distribuição assimétrica à direita, sugerindo maior heterogeneidade no conhecimento prévio da turma. Contudo, no Gráfico 21(b), o histograma apresenta uma assimetria à esquerda, indicando maior homogeneidade e maior concentração das notas em níveis mais elevados, o que evidencia a melhora no desempenho dos estudantes após a intervenção.

5.7.2.2 Análise estatística inferencial da turma de Química

Para avaliar o efeito da intervenção pedagógica no desempenho dos alunos da turma de Química, foram comparadas as médias das notas obtidas no pré-teste e no pós-teste, aplicados aos mesmos estudantes ($n=17$). As análises estatísticas foram realizadas no *software IBM SPSS Statistics*. Inicialmente, avaliou-se a normalidade das diferenças entre as notas do pós-teste e do pré-teste por meio dos testes de Kolmogorov–Smirnov com correção de Lilliefors e Shapiro–Wilk. Os resultados indicaram que a variável diferença apresentou distribuição aproximadamente normal (Kolmogorov–Smirnov: $D = 0,176$, $p = 0,169$; Shapiro–Wilk: $W = 0,901$, $p = 0,071$), atendendo ao pressuposto necessário para a aplicação de procedimentos paramétricos. Para uma melhor visualização, foi elaborado a Tabela 11, conforme a seguir.

Tabela 11 – Teste de normalidade da turma de Química

Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
Estatística	gl	Sig.	Estatística	gl	Sig.
0,176	17	0,169	0,901	17	0,071

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Em seguida, aplicou-se o teste t de Student para amostras pareadas, em sua forma bilateral. A média das notas no pré-teste foi de 6,03, enquanto no pós-teste foi de 7,56, resultando em um ganho médio de 1,53 pontos. O teste t pareado revelou diferença estatisticamente significativa entre as médias ($t(16) = 4,48$; $p = 0,00038$), conforme mostra a Tabela 12.

Tabela 12 – Teste t de Student da turma de Química

t de Student		
Estatística	gl	Sig.
4,48	16	0,00038

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Esses resultados evidenciam que o desempenho dos alunos no pós-teste foi significativamente superior ao observado no pré-teste, semelhante ao desempenho do grupo experimental da pesquisa de Araújo (2023), indicando que a intervenção pedagógica aplicada teve impacto positivo e estatisticamente significativo no aprendizado de Química.

5.8 Questionário de satisfação

O questionário (APÊNDICE G) foi composto por treze (13) questões, sendo dez (10) questões objetivas, que foi adotado a escala *Likert* em cada questão com cinco (05) graus de

concordância/discordância e três (03) questões subjetivas. As questões objetivas foram classificadas, conforme o Quadro 34.

Quadro 34 – Classificação das questões do questionário de satisfação

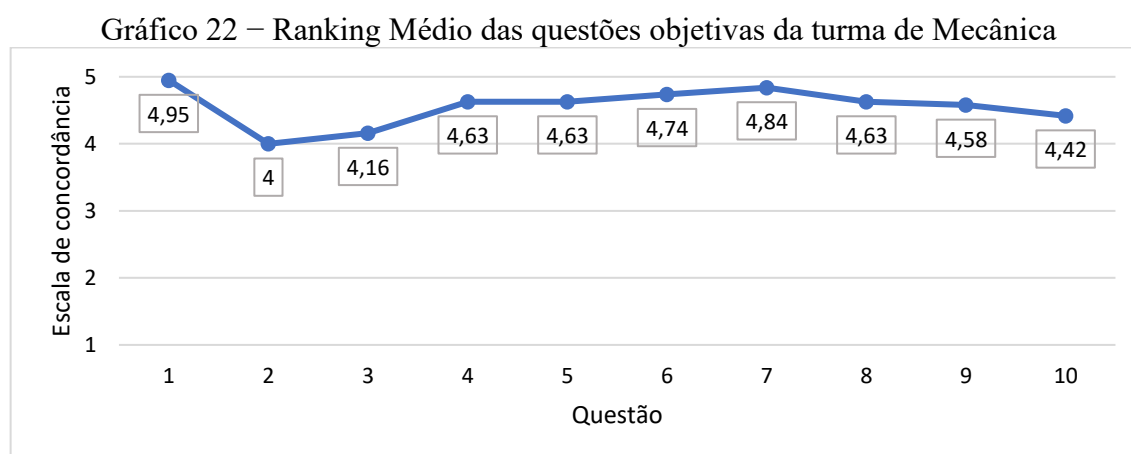
Concordância	Q.1, Q.4, Q.5, Q.6, Q.8, Q.9
Intensidade	Q.2, Q.7
Satisfação	Q.3
Eficácia	Q.10

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 34, as questões objetivas foram categorizadas em quatro atributos: concordância, intensidade, satisfação e eficácia, conforme identificado nos textos de Almeida Júnior (2017), Araújo (2023), Coutinho Júnior (2021) e Oliveira (2005). As questões subjetivas foram transcritas literalmente para cada aluno e discutidas a partir dos principais apontamentos identificados, conforme os estudos de Pereira (2023), Silva (2023) e Teixeira (2025). Neste questionário, buscou-se compreender o grau de satisfação e insatisfação dos alunos referente a metodologia adotada.

5.8.1 *Questionário de satisfação da turma de Mecânica*

Após o levantamento dos resultados, foi calculado o Ranking Médio (RM) do resultado do questionário de satisfação da turma de Mecânica (APÊNDICE M) para as questões objetivas, conforme exibido no Gráfico 22.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Gráfico 22, observa-se que os níveis de concordância dos alunos situaram-se, em sua quase totalidade, entre 4 e 5, indicando um grau de satisfação alto com as questões

apresentadas, resultado semelhante ao obtido pelo grupo experimental da pesquisa de Araújo (2023). A exceção foi a segunda questão, que apresentou o menor valor de RM = 4, relacionada ao impacto das aulas ministradas no aumento do interesse pela área de Física. Ainda assim, esse resultado indica que a maioria dos estudantes percebeu um aumento de interesse pela disciplina. A primeira questão, por sua vez, obteve o maior valor de RM = 4,95, referente à condução das aulas de forma confortável, evidenciando que praticamente todos os alunos concordaram totalmente que as aulas foram agradáveis.

Então, as respostas argumentativas dos alunos às questões subjetivas da turma de Mecânica foram organizadas em sequência (A1, A2, A3, ...). A décima primeira foi: **“O que você aprendeu nas aulas que mudou ou ampliou sua visão sobre como a energia é gerada e usada no seu dia a dia?”**. Essa questão teve como objetivo identificar a ocorrência de algum aprendizado sobre a geração de energia, conforme apresentado no Quadro 35.

Quadro 35 – Uso de energia no dia a dia da turma de Mecânica

Aluno	Resposta
A1	<i>Aprendi horrores, arrasou.</i>
A2	<i>A formação de energia eólica, após a explicação, fez ter uma ampla visão de sua utilização no fornecimento de energia na nossa nação.</i>
A3	<i>O aprendizado na prática permitiu uma maior compreensão e interesse sobre o assunto. Me permitiu aprender de forma clara como a energia é gerada por indução de campos.</i>
A4	<i>Sobre como a corrente elétrica e o potencial influenciam no gasto energético de casa.</i>
A5	<i>A importância da manipulação dos campos elétricos e magnéticos.</i>
A6	<i>Sobre como as formas de energia ‘Sustentáveis’ tem seu ponto negativo também, não é que elas são maravilhosas, mas são menos agravantes comparado com as outras.</i>
A7	<i>A forma que os ‘hertz’ se constituem, com numa lâmpada por exemplo.</i>
A8	<i>que eu posso ter uma mente aberta quanto a energia ela tem várias formas.</i>
A9	<i>Acredito que foi sobre como o uso da bobina ajuda a gerar uma corrente.</i>
A10	<i>Sobre ímãs foram algo novo que ampliou meu conhecimento.</i>
A11	<i>O uso de energias renováveis e os impactos positivos.</i>
A12	<i>Como uma caixa de som funciona e como as correntes funcionam na tomada.</i>
A13	<i>É mais interessante pensar sobre como funciona agora.</i>
A14	<i>O exemplo da usina de Chernobyl com o ‘pé de elefante’ amplificou concepção dos perigos das usinas nucleares.</i>
A15	<i>tipo isso ficou presente no meu dia a dia e economizando mais energia.</i>
A16	<i>Como são geradas as energias renováveis e de com isso afeta a economia global.</i>
A17	<i>A relação entre os campos elétrico e magnético.</i>
A18	<i>A questão de ímãs em alguns lugares e como elas se comportam (principalmente na repulsão).</i>
A19	<i>Aprendi que o multímetro serve para medir a intensidade do campo eletromagnético.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

Conforme indicado no Quadro 35, a maioria das respostas evidenciou que os alunos (A2 a A19) conseguiram relacionar o fenômeno da indução eletromagnética ao cotidiano, demonstrando maior interesse e compreensão sobre as fontes de energia renováveis e não renováveis, bem como sobre seus impactos positivos e negativos na sociedade e no meio ambiente. Esses resultados indicam que os alunos foram capazes de conectar os conceitos

físicos ao funcionamento de equipamentos utilizados diariamente, compreendendo a relevância dos ímãs na geração de energia. A décima segunda questão foi: **“Qual foi o aspecto mais interessante que você destacaria das aulas?”**. Essa questão teve como objetivo identificar o aspecto que mais chamou a atenção dos alunos durante as aulas, conforme o Quadro 36.

Quadro 36 – Destaque das aulas da turma de Mecânica

Aluno	Resposta
A1	<i>A interação com os objetos práticos, de fato, muito curioso.</i>
A2	<i>A utilização de exemplos e práticas diárias.</i>
A3	<i>A parte da realização de experimentos.</i>
A4	<i>A parte relacionada a polos magnéticos de um ímã.</i>
A5	<i>a realização prática de conteúdos teóricos.</i>
A6	<i>como ele trás baterias que grudaram na hora das aulas.</i>
A7	<i>Os experimentos e quantidade de recursos.</i>
A8	<i>não sei.</i>
A9	<i>Foi sobre os polos dos ímãs.</i>
A10	<i>As partes de demonstração prática.</i>
A11	<i>As aulas com experimentos e objetos.</i>
A12	<i>A parte em grupo.</i>
A13	<i>A parte prática.</i>
A14	<i>A interação com ímãs durante a aula.</i>
A15	<i>A parte do ímãs.</i>
A16	<i>Poder interagir com os materiais.</i>
A17	<i>As apresentações visuais e práticas.</i>
A18	<i>As partes práticas, onde mostravam de verdade o que a teoria queria repassar.</i>
A19	<i>Trazer informações sobre eletromagnetismo, campo eletromagnético que são coisas do dia a dia porém explicadas por outra perspectiva.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Quadro 36, observa-se que a maioria dos alunos (A1 a A3, A5 a A7, A10 a A14, A16 a 18) indicou o uso de experimentos como o aspecto mais interessante das aulas. Isso sugere que a combinação da teoria com a prática experimental, incluindo o manuseio e a elaboração de artefatos com materiais de baixo custo, pode ter gerado efeitos positivos nos alunos, como maior motivação e melhor compreensão dos conteúdos. A décima terceira questão foi: **“Escreva um comentário sobre as atividades (elogios, críticas ou sugestões)”**. Essa questão teve como objetivo coletar opiniões acerca da intervenção realizada e de seu impacto, conforme exibido no Quadro 37.

Quadro 37 – Comentários da turma de Mecânica

Aluno	Resposta
A1	<i>Gostei bastante, porém, as vezes acabava sendo um pouco cansativo.</i>
A2	<i>Foi bem eficaz, e fez despertar um olhar mais amplo da física, seja teorica ou pratica. Gostaria de agradecer o esforço e a dedicação diária, ofertada a nossa turma!</i>
A3	<i>Propor mais práticas.</i>
A4	<i>Gostei bastante, mas acho que eu compreendo muito mais da maneira convencional, porém achei muito massa esses experimentos.</i>
A5	<i>Otimo para um aprendizado eficaz.</i>

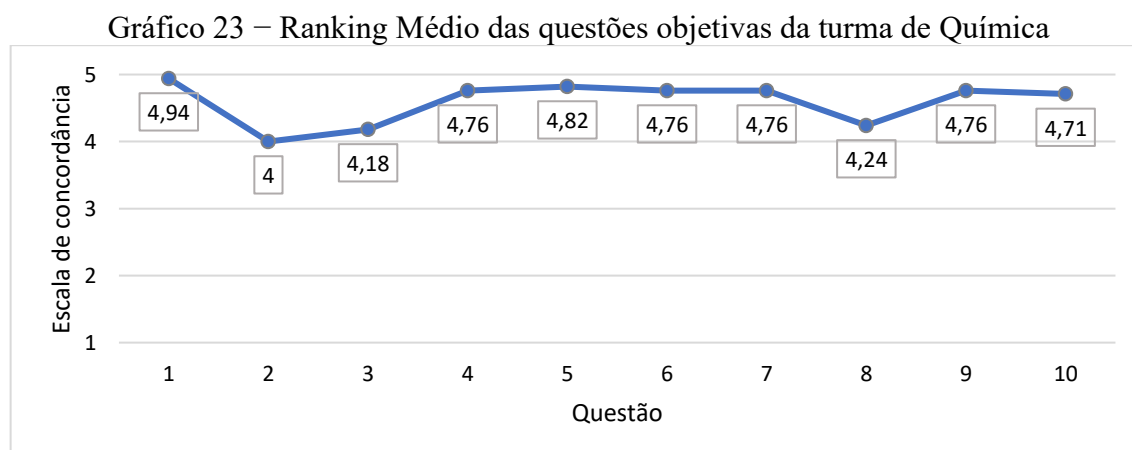
A6	<i>Acho que ele deveria distribuir melhor os materiais para os alunos. Mas ele da material de estudo, faz slide e explica muito bem.</i>
A7	<i>Achei muito bom e equilibrado, a forma em que a parte teórica e prática, formas perfeitamente aplicadas.</i>
A8	<i>As aulas foram boas, porem poderia ser um pouco melhor a explicação.</i>
A9	<i>Achei bem dinâmico a atividade, queria ter a oportunidade de fazer mais experimento.</i>
A10	<i>Muito bem feitos e com ótimas práticas.</i>
A11	<i>Muito boas e interessantes, aprofundadas na teoria e prática.</i>
A12	<i>Gostei das atividades, mas sugiro a possibilidade de fazer experimentos mais engenhosos.</i>
A13	<i>É muito legal e envolvente trazer práticas para as aulas, é de mais fácil compreensão.</i>
A14	<i>Foi um jeito de iniciar meu interesse por eletromagnetismo e buscar mais conhecimento sobre.</i>
A15	<i>Foi muito bom e principalmente a parte prática.</i>
A16	<i>Muito interativas de forma que aumenta o interesse na aula.</i>
A17	<i>Muito bem apresentado para o curto período disponível.</i>
A18	<i>Achei super interessante, prendeu a atenção de todos. A única coisa que eu gostaria de enfatizar é que nem todos viam o experimento já que só passava por um lado da sala.</i>
A19	<i>As atividades são bem dinâmicas e isso desperta a o interesse do aluno, explicações e a metodologia para introduzir o conteúdo ao aluno também são boas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Quadro 37, nota-se que alguns alunos (A2, A4, A7, A11, A19) destacaram positivamente a integração entre teoria e prática, a qual contribuiu para o aumento do interesse e para uma melhor compreensão do fenômeno da indução eletromagnética. Entretanto, alguns relatos apontaram limitações relacionadas à variedade e à complexidade dos experimentos, bem como à sua distribuição em sala de aula. Esses aspectos indicam a necessidade de ajustes e reflexões para futuras aplicações, de modo a favorecer o processo de aprendizagem dos alunos.

5.8.2 Questionário de satisfação da turma de Química

Ao término da obtenção dos dados, foi calculado o Ranking Médio (RM) das respostas dos alunos da turma de Química para o questionário de satisfação (APÊNDICE C) para as questões objetivas, conforme o Gráfico 23.



Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Gráfico 23, observa-se que, com exceção da segunda questão, que registrou RM = 4 e tratou do aumento do interesse dos alunos pela área de Física, todas as demais questões apresentaram valores de RM entre 4 e 5, o que revela um elevado grau de satisfação dos estudantes. Esse resultado é semelhante ao obtido pelo Grupo Focal para Refinamento da pesquisa de Coutinho Júnior (2021). A primeira questão apresentou o maior valor de RM = 4,94, referente à condução confortável da aula, evidenciando que praticamente todos os alunos concordaram totalmente que as aulas foram agradáveis.

De modo a analisar e discutir as argumentações dos alunos referentes às três (03) questões subjetivas, as respostas foram organizadas e identificadas de forma sequenciada por aluno (B1, B2, B3, ...). Portanto, a décima primeira questão foi: **“O que você aprendeu nas aulas que mudou ou ampliou sua visão sobre como a energia é gerada e usada no seu dia a dia?”**. Essa questão teve como objetivo identificar o que foi aprendido por parte dos alunos acerca da geração de energia, conforme apresentado no Quadro 38.

Quadro 38 – Uso de energia no dia a dia da turma de Química

Aluno	Resposta
B1	-
B2	<i>Que montar algum equipamento com energia não é tão complexo.</i>
B3	<i>Aprendi e revisei conceitos eu havia esquecido durante minha trajetória escolar, assim, podendo aplica-lôs ao dia a dia e melho compreender o mundo.</i>
B4	<i>Que é fácil gerar energia, só precisa de recursos e interesse.</i>
B5	<i>Nada de muito diferente do que eu já conhecia, mas foi bem rever.</i>
B6	<i>Aprendi que a nossa energia tem todo um mecanismo por trás e pode ser gerada através de varias coisas.</i>
B7	<i>A forma como os imãs e o eletromagnetismo estão presentes no nosso meio.</i>
B8	<i>A forma como a gente aprendeu sobre a pilha e os experimentos.</i>
B9	<i>Aprendi como a energia é capturada e a importância dos imãs no processo.</i>
B10	<i>Entendi como algumas fontes de energia funcionam; aprendi mais sobre energia renováveis e não-renováveis; a relação entre energia e eletromagnetismo; e pratiquei alguns conhecimentos nos experimentos.</i>
B11	<i>O funcionamento da interação de campos elétricos e magnéticos.</i>
B12	<i>Eu aprendi que a energia está em tudo e move tudo, as renováveis, as não renováveis todas elas estão presentes e nos indicando características do locais.</i>
B13	<i>Bem sou uma pessoa bem engajada no ramo ambiental, então me aprofundei bastante no tema e amava as aulas sobre usinas.</i>
B14	<i>Muitas coisas como, campo elétrico e a questão de como funciona alguns aparelhos que utilizamos no dia a dia.</i>
B15	<i>Eu aprendi que podemos gerar energia de diversas formas diferentes.</i>
B16	<i>Que para uma luz acender por exemplo, é necessário uma grande variação do campo eletromagnético.</i>
B17	<i>Que é produzida de forma complexa por ser em larga escala as utiliza dinâmicas da física relativamente simples e me fez entender coisas banais do meu dia a dia como o simples fato de ligar a luz.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 38, algumas respostas (B2, B8, B10, B14 a B17) esteve relacionada ao uso de experimentos como estratégia para a compreensão da geração de energia e de sua relação com os ímãs, possibilitando aos estudantes a ampliação de seus conhecimentos sobre esse conteúdo. Além disso, os alunos demonstraram compreender o uso de fontes de energia renováveis e não renováveis, considerando o contexto local. Dessa forma, observa-se que a complexidade das leis físicas ficou mais acessível e menos abstrata aos estudantes por meio das associações com aparelhos e equipamentos presentes no cotidiano. A décima segunda questão foi: **“Qual foi o aspecto mais interessante que você destacaria das aulas?”**. Essa questão teve como objetivo identificar o principal aspecto que mais chamou a atenção dos alunos, conforme apresentado no Quadro 39.

Quadro 39 – Destaque das aulas da turma de Química

Aluno	Resposta
B1	-
B2	<i>Que elas foram muito prático e isso é bom.</i>
B3	<i>O quão lúdicas foram as aulas, mesmo com pouco tempo, sempre fora possível realizar experimentos logo após a teoria.</i>
B4	<i>A parte prática. Exemplo: Choque em grupo.</i>
B5	<i>Aula dinâmica e bem direta.</i>
B6	<i>A parte sobre magnetismo.</i>
B7	<i>A forma simplificada de explicação, juntamente com as práticas e momentos de descontração.</i>
B8	<i>Os objetos que o professor trazia para turmas.</i>
B9	<i>A parte prática de interagir com os materiais.</i>
B10	<i>O dinamismo, os exemplos por meio dos instrumentos e o experimento final.</i>
B11	<i>Os experimentos vistos.</i>
B12	<i>Que as aulas eram bem dinâmicas e participativas, o que fazia a aula ser leve e mais entendível.</i>
B13	<i>A didática e a prática.</i>
B14	<i>As aulas práticas e dinâmicas que tivemos, com acesso aos materiais de qualidade.</i>
B15	<i>A interação que tivemos com objetos que geram energia.</i>
B16	<i>O uso de objetos para uma melhor compreensão.</i>
B17	<i>Acredito que as aulas foram muito eficazes para a aprendizagem e as aulas práticas foram muito interessantes e geraram dúvidas que foram tiradas pelo orientador.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

De acordo com o Quadro 39, observa-se a predominância de respostas (B2 a B17) foram direcionadas ao uso de experimentos práticos e ao dinamismo das aulas, os quais possibilitaram maior participação e colaboração dos alunos. Esse resultado evidencia que a integração entre teoria e prática pode fortalecer o interesse e a compreensão dos estudantes em relação ao conteúdo ministrado. A décima terceira questão foi: **“Escreva um comentário sobre as atividades (elogios, críticas ou sugestões)”**. Essa questão teve como objetivo coletar as opiniões dos alunos acerca da intervenção realizada, bem como possíveis sugestões de melhoria, conforme apresentado no Quadro 40.

Quadro 40 – Comentários da turma de Química

Aluno	Resposta
B1	-
B2	<i>Foi ótimo participar desse trabalho.</i>
B3	-
B4	<i>Gostei bastante, foi bem legal ver os experimentos, mas deu um nervoso quando foi a nossa vez, deu branco.</i>
B5	<i>Foi divertido e bem interessante.</i>
B6	<i>Amei as atividades, foram bem didáticas e nos deixaram aprender com autonomia.</i>
B7	<i>As aulas foram muito bem preparadas e muito legais de se fazer.</i>
B8	<i>Ótimas aulas, explicação clara e os experimentos eram bem criativos e simples.</i>
B9	<i>Gostei muito sobretudo, didática boa, só senti falta de mais controle sobre a sala.</i>
B10	<i>Gostei bastante de passar por elas. Foram com certeza bem pensadas e com certeza melhorou no aprendizado.</i>
B11	<i>Sugestão: oferta de material impresso como suporte.</i>
B12	<i>Gostei muito mesmo, a ideia de trazer objetos para as aulas incentiva muito.</i>
B13	<i>Gostei bastante, acho que para incentivar mais os alunos, deveria fazer trabalho valendo brinde. Isso estimula ao jovens a se esforçar e pensar fora da caixinha.</i>
B14	<i>A atividade que consistia em montar um circuito foi muito interessante. As aulas envolvendo imãs foram ótimas e muito eficazes no meu conhecimento sobre eletromagnetismo.</i>
B15	<i>Tudo foi muito legal, nada muito pesado. Foi divertido mexer nas coisas e tudo mais. Queria ter mais aulas assim. O Wefiton é muito bom no que faz.</i>
B16	<i>Amei, o professor é super simpático.</i>
B17	<i>Achei interessante e deixou as aulas mais didáticas.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Quadro 40, observa-se que a maioria dos alunos (B2, B3 a B10, B12 a B17) demonstrou apreciação pelas aulas, pelas atividades desenvolvidas e pelos experimentos simples, que permitiram abordar os conceitos físicos de forma acessível, utilizando materiais de baixo custo. Embora alguns alunos tenham requisitado um material guia, a ausência desse recurso pode estimular o desenvolvimento da autonomia e outras habilidades. Isso evidencia que parte dos alunos podem se sentir mais seguros ou interessados ao usar materiais já estruturados e com orientações detalhadas, o que pode limitar sua interação mais exploratória com o experimento.

5.9 Percepções do professor regente das turmas

Foram coletadas as percepções do professor regente das turmas (APÊNDICE D) acerca das atividades, metodologia e aprendizagem dos alunos. O Quadro 41 evidencia as perguntas e respostas acerca da adequação do tema, participação, colaboração e aprendizagem dos alunos.

Quadro 41 – Percepções do professor regente das turmas sobre a aprendizagem dos discentes

Perguntas	Respostas
1. A temática sobre indução eletromagnética e fontes de energia foi adequada aos níveis e perfis das turmas?	<i>Sim, já que o tema de indução eletromagnética figura como um tópico importante no currículo do ensino médio. Além disso, a contextualização do fenômeno de indução eletromagnética com a</i>

	<i>geração de energia elétrica aproximou conceitos que parecem abstratos de situações palpáveis e socialmente relevantes.</i>
2. Você acredita que a abordagem utilizada nas aulas despertou algum interesse dos alunos? Por que você acha isso?	<i>Sim, principalmente por colocar os alunos em contato direto com fenômenos físicos observáveis. A ideia de gerar energia elétrica a partir de um experimento simples gerou curiosidade, evidenciada pelas perguntas feitas e pelas tentativas de modificar o experimento.</i>
3. Você percebeu algum engajamento dos alunos nas práticas experimentais? Se sim, qual?	<i>Sim. O engajamento tornou-se evidente principalmente pela forma ativa como os alunos manipularam os materiais, pela frequente troca de ideias entre os integrantes dos grupos e também tentativas espontâneas de explicar os fenômenos observados, o que indica engajamento cognitivo e não apenas operacional.</i>
4. A utilização de materiais acessíveis favoreceu uma aprendizagem mais significativa?	<i>É uma hipótese que deve ser aferida. A ideia de que um material mais acessível assegura uma aprendizagem mais significativa é frequentemente repetida, mas não é automaticamente garantida. O fator decisivo não é o objeto, mas a forma como a experiência é mediada pelo docente. Certamente, a acessibilidade do material facilita a ampla distribuição dos equipamentos para todos os alunos da turma e esse talvez seja o ponto que favoreça uma aprendizagem significativa.</i>
5. A formação de grupos contribuiu para a aprendizagem e a postura investigativa dos alunos?	<i>Essa também é uma hipótese que deve ser verificada de forma científica. De fato, a formação de grupos favoreceu a colaboração, a troca de hipóteses e a construção coletiva do conhecimento. A dinâmica permitiu que os alunos discutissem suas observações, apresentando uma postura mais investigativa.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

No Quadro 41, observa-se que o educador destacou a importância do fenômeno da indução eletromagnética e de sua contextualização como um conteúdo relevante no currículo do Ensino Médio. Também foi ressaltado o contato direto dos alunos com fenômenos físicos observáveis por meio de experimentos simples, o que contribuiu para despertar a curiosidade, estimular perguntas e incentivar sugestões de mudanças nos aparatos experimentais. Durante o manuseio dos materiais, os estudantes demonstraram interação e troca de ideias na tentativa de explicar os fenômenos observados, indicando um possível engajamento cognitivo.

Em relação ao uso de materiais acessíveis, o professor regente das turmas apontou que a disponibilidade e a facilidade de distribuição podem favorecer uma aprendizagem significativa, desde que haja uma mediação adequada por parte do professor. Além disso, a organização dos alunos em grupos contribuiu para a colaboração e a troca de ideias, permitindo a discussão de diferentes observações e o desenvolvimento de uma postura investigativa.

O Quadro 42, exibe as perguntas e respostas acerca dos benefícios, desafios, melhorias, adaptação e sugestões da intervenção.

Quadro 42 – Percepções do professor regente das turmas sobre a intervenção

Perguntas	Respostas
6. Em sua opinião, quais foram os principais benefícios e desafios de	<i>Sob o meu ponto de vista, relacionar com temas como energia, tecnologia e sociedade otimiza a compreensão dos alunos, embora</i>

trabalhar a interdisciplinaridade em propostas como essa?	<i>torne desafiador o cumprimento de todos os assuntos previstos no currículo do ensino médio, já que demanda mais tempo de planejamento e de execução.</i>
7. Quais pontos positivos destacaria dessa intervenção? E o que poderia ser melhorado em futuras aplicações?	<i>Entre os pontos positivos, vale destacar a abordagem investigativa, o protagonismo dos alunos, o uso de experimentação e a contextualização do conteúdo. Como possibilidade de melhoria, sugiro ampliar o tempo dedicado à conexão do que foi observado na prática experimental com as previsões teóricas, trazendo uma maior mediação conceitual e também instrumentos que permitam abordar o problema proposto de forma quantitativa através de roteiros reflexivos ou pequenos relatórios.</i>
8. Você acredita que essa intervenção pode ser aplicada ou adaptada a outras turmas? Se sim, por quê?	<i>Sim. Acredito que a proposta seja flexível e pode ser facilmente adaptada a outras turmas, inclusive para outros níveis de ensino, desde que sejam realizados ajustes que façam o conteúdo ser apresentado com a profundidade adequada. A fácil adaptabilidade desse tipo de intervenção perpassa principalmente pelo uso de materiais simples e pela metodologia investigativa.</i>
9. Como avalia, de forma geral, a proposta aplicada em sala?	<i>A proposta mostrou-se bastante positiva. A atividade aproximou os alunos dos métodos científicos, tornando o aprendizado mais dinâmico através da experimentação.</i>
10. Deseja deixar alguma sugestão de novos temas ou comentário final sobre a intervenção?	<i>Sugiro estender a metodologia para contemplar assuntos como ondas eletromagnéticas, circuitos elétricos e eficiência energética.</i>

Fonte: Elaborado pelo autor (2026).

A partir do Quadro 42, observa-se que o professor regente das turmas destaca que a articulação entre os temas energia, tecnologia e sociedade pode contribuir para uma melhor compreensão dos alunos. No entanto, essa abordagem exige mais tempo de planejamento e de execução, o que pode dificultar o cumprimento de todos os conteúdos previstos no currículo do Ensino Médio. O professor também avalia de forma positiva a abordagem investigativa, o protagonismo dos alunos, o uso de experimentos e a contextualização do conteúdo, aproximando os alunos dos métodos científicos e promovendo maior dinamismo por meio da experimentação. Ressalta que a intervenção pode ser adaptada para outros níveis de ensino, desde que sejam feitos ajustes na profundidade dos conteúdos trabalhado.

Como sugestão, o professor regente das turmas aponta a necessidade de maior tempo de dedicação para tornar mais efetiva a relação entre teoria e prática, permitindo a validação das previsões teóricas. Também indica o uso de instrumentos que possibilitem uma análise quantitativa, como roteiros reflexivos ou relatórios, e sugere a inclusão de temas como ondas eletromagnéticas, circuitos elétricos e eficiência energética.

De modo geral, destacou-se a contribuição positiva da intervenção para o desenvolvimento do protagonismo, da autonomia, da colaboração e da investigação dos alunos, por meio do uso de materiais acessíveis e da interação com os experimentos. Além disso, foram apresentadas sugestões de melhorias e de ampliação dos conteúdos para futuras aplicações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização desta pesquisa possibilitou importantes reflexões sobre a aplicação da metodologia da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) integrada à abordagem STEAM no desenvolvimento da aprendizagem, especialmente no que se refere à contextualização socioambiental da transformação de energia por meio do fenômeno da indução eletromagnética e do uso de fontes de energia renováveis.

Para sustentar essas reflexões, inicialmente foi realizada a fundamentação teórica sobre a abordagem STEAM, a ABP, a interação entre ambas, a teoria da aprendizagem significativa, conceituação de fontes de energia e física, além de uma Revisão de Literatura com o objetivo de compreender o cenário das pesquisas relacionadas a abordagem STEAM e a metodologia da ABP com prática experimental no Ensino Médio. O levantamento, considerando os critérios, a faixa temporal e as bases de dados estabelecidas, revelou que a maioria dos estudos selecionados é de origem internacional, com destaque para pesquisas da Indonésia e da área de Química, sendo apenas três voltadas especificamente para o ensino de Física. De modo geral, os estudos analisados ressaltam que a prática STEAM favorece a autonomia, a colaboração, a investigação, a autorreflexão e o desenvolvimento do pensamento crítico e criativo dos estudantes. Esses estudos contribuíram para análise da intervenção pedagógica realizada neste estudo.

Nesse contexto, foram investigadas as percepções prévias e adquiridas dos alunos sobre a indução eletromagnética, com ênfase em sua aplicação na geração de energia elétrica. A análise do pré-teste permitiu identificar particularidades de cada turma, destacando os percentuais de acertos e os itens incorretos mais assinalados, bem como possíveis justificativas para essas escolhas. Também foram obtidas medidas descritivas, como média, mediana, moda, variância, desvio-padrão, coeficiente de variação e amplitude. Os resultados indicaram heterogeneidade no desempenho em ambas as turmas, classificadas com rendimento Regular. No pós-teste, foram realizadas as mesmas análises. Observou-se maior percentual de acertos, redução da dispersão das notas e maior homogeneidade no desempenho dos estudantes, com ambas as turmas classificadas com o rendimento Bom, evidenciando melhora no rendimento após a intervenção.

A intervenção pedagógica proporcionou momentos teóricos e práticos, contemplando a etapa de desenvolvimento, nos quais foram abordados as fontes de energia renováveis e não renováveis, seus impactos socioambientais e econômicos, o conceito de campo magnético, o fenômeno da indução eletromagnética e suas aplicações na geração de energia. Essas atividades

foram mediadas pelo pesquisador e apoiadas por simuladores e práticas experimentais. A análise de conteúdo evidenciou que as atividades contribuíram para tornar mais acessível a compreensão dos princípios da indução eletromagnética e suas aplicações no cotidiano. Durante as etapas STEAM, especialmente no momento de investigar, os alunos aplicaram conhecimentos prévios e adquiridos na construção de um artefato experimental que exemplificava a geração de energia por indução eletromagnética, exercitando a investigação científica e a experimentação.

De forma a complementar e assegurar os resultados obtidos, analisou-se a evolução do desempenho dos alunos por meio da comparação intragrupos entre pré-teste e pós-teste. Na turma de Mecânica, os *boxplots* e histogramas indicaram maior concentração de notas elevadas no pós-teste. Após a verificação da normalidade dos dados pelos testes de Kolmogorov-Smirnov com correção de Lilliefors e Shapiro-Wilk, aplicou-se o teste t de Student para amostras pareadas, que revelou diferença estatisticamente significativa, confirmando o impacto positivo da intervenção no aprendizado. Resultados semelhantes foram observados na turma de Química, indicando aumento de rendimento e impacto positivo e estatisticamente significativo da intervenção.

Além do desempenho, a satisfação dos estudantes foi analisada por meio do Ranking Médio (RM) e das respostas das questões abertas. Em ambas as turmas, o RM variou entre 4 e 5, indicando alto grau de satisfação. A condução das aulas de forma confortável apresentou o maior RM, enquanto o aumento do interesse pela Física obteve o menor, embora ainda positivo. Nas questões abertas, os estudantes destacaram a aprendizagem sobre energias renováveis, impactos socioambientais e indução eletromagnética, além da valorização das práticas experimentais, do trabalho em equipe, da autonomia e do uso de materiais experimentais.

A percepção do professor regente das turmas ressaltou a importância da contextualização dos conteúdos com o currículo do Ensino Médio e da integração entre teoria e prática para estimular a curiosidade, a investigação e a participação dos alunos. O uso de materiais de baixo custo e a organização em equipes foram apontados como fatores que favoreceram a colaboração, a postura investigativa e a aproximação com os métodos científicos. Apesar das dificuldades relacionadas ao tempo e ao cumprimento do currículo, o professor regente destacou os benefícios da interdisciplinaridade, da autonomia e do dinamismo proporcionados pela abordagem adotada.

Retomando a questão de pesquisa, quais são as contribuições da abordagem STEAM e da ABP para superar desafios no ensino de Física e melhorar a aprendizagem dos estudantes, pode-se concluir que a intervenção promoveu aumento significativo no rendimento das turmas,

comprovado por análises estatísticas descritivas e inferenciais. Além disso, tanto os estudantes quanto o professor regente das turmas reconheceram o protagonismo discente, a colaboração, a investigação e a prática experimental como elementos centrais para a melhoria da aprendizagem, para a redução das dificuldades na compreensão dos conceitos físicos e para a dinamização das aulas de Física.

Espera-se que esta pesquisa contribua para os estudos de outros pesquisadores, gerando reflexões, questionamentos e ideias que possibilitem o aprofundamento do tema em investigações futuras, bem como a exploração de outros temas relevantes apoiados na abordagem STEAM e na Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). Ademais, a utilização de grupos controle e experimental, poderá possibilitar a comparação de resultados obtidos intergrupos e intragrupos, proporcionando um conjunto mais amplo de dados qualitativos e quantitativos para discussão e fundamentação dos resultados. Por fim, destaca-se a relevância da busca por melhorias e avanços que possam impactar positivamente a prática docente e contribuir para o ensino em diversas áreas do conhecimento.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, R. C. V. D. Estudo sobre o grau de satisfação dos usuários do serviço de transporte coletivo prestado pela empresa viação cidade corumbá ao município de Corumbá/MS. **Revista GeoPantanal**, Corumbá, n. 23, jul./dez. p. 215-23, 2017.

ALVAREZ, Luciana. Avança a adoção da abordagem STEM em colégios do Brasil. **Terra**, 19 out. 2020. Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/educacao/avanca-a-adocao-da-abordagem-stem-em-colegios-do-brasil,fda72c6b5e25bcb1bb6bfdcec59feedtue4z6l.html#:~:text=A%20abordagem%20educacional%20conhecida%20pelas,e%20Matem%C3%A1tica%2C%20podendo%20incluir%20Artes>. Acesso em: 10 set. 2024.

ALVES, A. S.; JESUS, J. C. O. de. Práticas formativas no Ensino de Física: a experiência do Projeto Física no Campus. In: ALVES, A. S.; JESUS, J. C. O. de.; ROCHA, G. R (orgs.). **Ensino de Física: Reflexões, abordagens & práticas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

AMORIM, Ana Rita Avelino et al. Desempenho motor, competência em leitura, escrita e aritmética no Ensino Fundamental I. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 16, p. e4781009-e4781009, 2022.

ANANDA, Lintang Rizkyta; RAHMAWATI, Yuli; KHAIRI, Fauzan. Critical Thinking Skills of Chemistry Students by Integrating Design Thinking with STEAM-PjBL. **Journal of Technology and Science Education**, v. 13, n. 1, p. 352-367, 2023.

ANJOS, A. J. S. dos.; CABALLERO, C.; MOREIRA, M. A. As equações matemáticas no ensino e aprendizagem da Física: o ponto de vista de professores e estudantes. In: ALVES, A. S.; JESUS, J. C. O. de.; ROCHA, G. R (orgs.). **Ensino de Física: Reflexões, abordagens & práticas**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

APPELT, V. K. **A abordagem Educação STEAM como potencializadora de Letramento Estatístico no sétimo ano do ensino fundamental**. 2022. 159 f. Dissertação (Mestrado em Inovação em Tecnologias educacionais) – Instituto Metrôpole Digital - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

ARAÚJO, R. S. de.; SOUSA, F. L. N. de.; VANDERLEY, P. S.; BENTES, S. O. da S.; GOMES, L. M.; FERREIRA, F. C. L. Renewable energy sources: research, trends, and perspectives on sustainable practices. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 11, p. e468111133893, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA EÓLICA – ABEEÓLICA. **Boletim anual de geração**, 2024. Disponível em: <https://abeeolica.org.br/#>. Acesso em: 27 dez. 2024.

AUSUBEL, D. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Editora Plátano, 2000.

BACICH, L.; HOLANDA, L. **Steam em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso Editora, 2020.

BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. da. **Física aula por aula (Ensino Médio 3): eletromagnetismo, física moderna**. 3. Ed. V. 3. São Paulo: FTD, 2016.

BATISTA, M. C.; FUSINATO, P. A.; BLINI, R. B. Reflexões sobre a importância da experimentação no ensino de Física. **Acta Scientiarum Human and Social Sciences**, 31(1), p. 43-49, 2009.

BATISTA, R. F. M.; SILVA, C. C. A abordagem histórico-investigativa no ensino de Ciências. **Estudos Avançados**, v. 32, p. 97-110, 2018.

BENDER, W. N. **Aprendizagem baseada em projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Penso, 2014.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Notas sobre o Brasil no Pisa 2022**. Brasília, DF: Inep, 2023a.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (Inep). **Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb)**. [Brasília]: Inep, 14 ago. 2024a. Disponível: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/saeb>. Acesso em: 02 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. **Ciência na escola**. [Brasília]: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, [2025?]. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/ciencia-na-escola>. Acesso em: 19 dez. 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Estudo internacional de tendências em matemática e ciências (TIMSS)**. [Brasília]: Ministério da Educação, [2023b?]. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/timms>. Acesso em: 10 set. 2024.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Matriz elétrica brasileira alcança 200 GW**. [Brasília]: Ministério de Minas e Energia, 07 mar. 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/noticias/2024/matriz-eletrica-brasileira-alcanca-200-gw>. Acesso em: 10 nov. 2024.

BUSSAB, Wilton de O.; MORETTIN, Pedro A. **Estatística básica**. 6. ed. São Paulo: Saraiva, 2010.

CABRAL, R. C. **ENERGIA ELÉTRICA SUSTENTÁVEL E MECÂNICA QUÂNTICA: Uma proposta didática para o ensino médio com o uso da Aprendizagem Baseada em Projetos e enfoque STEAM**. 2022. 177 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Instituto de Ciências Exatas e Naturais, Programa de Pós-Graduação em Física, Universidade Federal do Pará, Belém, 2022.

CARVALHO, J. B. **Sequência didática para o ensino de indução eletromagnética a partir da energia eólica**. 2021. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2021.

CHAIB, J. P. M. C.; ASSIS, A. K. T. Experiência de oersted em sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 41–51, 2007.

CHUNG, Chih-Chao et al. Using an iSTEAM project-based learning model for technology senior high school students: Design, development, and evaluation. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 32, n. 2, p. 905-941, 2022.

CNI. SESI. SENAI. IEL. **Educação STEAM: insumos para a construção de uma agenda para o Brasil**. Brasília: CNI, 2021. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/50/78/5078a52e-c7f9-4bdb-815f-7282862670ff/educacao_steam.pdf. Acesso em: 10 set. 2024.

COELHO, L. M. P. et al. SPAECE E A QUALIDADE DA EDUCAÇÃO: AVALIAÇÃO, REFLEXÃO E DESAFIOS NA REDE PÚBLICA DO CEARÁ. **Educação em Revista**, Marília, SP, v. 26, p. e025021, 2025.

CRUZ, Joanna. **Com grande potencial em energias renováveis, o Ceará está se tornando a Casa do Hidrogênio Verde - Superintendência Estadual do Meio Ambiente**. [Ceará]: Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 03 jan. 2024. Disponível em: <https://www.semace.ce.gov.br/2024/01/03/com-grande-potencial-em-energias-renovaveis-o-ceara-esta-se-tornando-a-casa-do-hidrogenio-verde/>. Acesso em: 12 dez. 2024.

DAMIANI, Magda Floriana et al. Discutindo pesquisas do tipo intervenção pedagógica. **Cadernos de educação**, n. 45, p. 57-67, 2013.

DAMIN, Willian; DOS SANTOS JUNIOR, Guataçara; PEREIRA, Rudolph dos Santos Gomes. Contribuições de uma sequência didática: resultados de um pré e pós-teste de Estatística. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 1, p. 83-97, 2017.

DETONI, H. R. **TUTORIAIS EM ATIVIDADES DE APOIO À APRENDIZAGEM EM MECÂNICA**. 2016. 179 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

Domènech-Casal, Jordi. Diseñando un simulador de ecosistemas. Una experiencia STEM de enseñanza de dinámica de los ecosistemas, funciones matemáticas y programación. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, vol. 17, núm. 3, 2020.

Domènech-Casal, Jordi; Gasco, Jesús; Royo, Pere; Vilches, Santi Proyecto. CRASH: enseñando cinemática y dinámica en el contexto del análisis pericial de accidentes. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, vol. 15, núm. 2, 2018.

DOMINGOS, Camila Santana et al. O diário de campo e suas potencialidades como instrumento investigativo nas pesquisas. *In: SILVA NETO, Benedito Rodrigues da (org.)*.

Ciências médicas: campo teórico, métodos, aplicabilidade e limitações. Ponta Grossa, PR: Atena, 2021.

DORSA, A. C. O papel da revisão da literatura na escrita de artigos científicos. *Interações*, Campo Grande, V. 21, N. 4, P. 681–683, jul 2020. DOI: <https://doi.org/10.20435/inter.v21i4.3203> Disponível em: <https://interacoesucdb.emnuvens.com.br/interacoes/article/view/3203>. Acesso em: 1 set. 2025.

FARIA RODRIGUES, T. D. DE F. .; SARAMAGO DE OLIVEIRA, G.; ALVES DOS SANTOS, J. AS PESQUISAS QUALITATIVAS E QUANTITATIVAS NA EDUCAÇÃO. **Revista Prisma**, v. 2, n. 1, p. 154-174, 25 dez. 2021.

FERNANDES, Nídia Mara Melchiades Castelli; ZANON, Dulcimeire Aparecida Volante. Integração entre robótica educacional e abordagem STEAM: desenvolvimento de protótipos sobre a temática responsabilidade social e sustentabilidade. **Dialogia**, [S. l.], n. 40, p. e21600, 2022. DOI: 10.5585/40.2022.21600. Disponível em: <https://periodicos.uninove.br/dialogia/article/view/21600>. Acesso em: 22 set. 2025.

FERREIRA, A. C. Experimentação no ensino de Física: enfoque no processo de ensino e aprendizagem. **Revista de Iniciação à Docência**, v. 8, n. 1, p. e11959-e11959, 2023.

Field, A. **Descobrimos a estatística usando o SPSS**. 2. Ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

GOMES, E. C.; FRANCO, X. L. de S. O.; ROCHA, A. S. da. **Uso de simuladores para potencializar a aprendizagem no ensino de Física**. Araguaína, TO: EDUFT, 2020.

GOUVEIA, T. G. ANÁLISE QUALITATIVA DO EFEITO DE UM PROGRAMA DE HABILIDADES SOCIAIS APLICADO A UNIVERSITÁRIOS. **Revista Contemporânea**, [S. l.], v. 2, n. 6, p. 1458–1473, 2022.

GRAÇA, C. O. **Física 3: eletromagnetismo**. Santa Maria: Universidade Estadual de Santa Maria, 2012 (Série Didática).

HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. **American Journal of Physics**, Maryland, v. 66:1, p. 64-74, 1997.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física – Eletromagnetismo**. 10. ed. v. 3. Rio de Janeiro: LTC, 2020.

HEHAKAYA, Wisye; MATDOAN, Muhammad Nur; RUMAHLATU, Dominggus. Integrating STEAM with PjBL and PBL on biology education: Improving students' cognitive learning results, creative thinking, and digital literacy. **Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi**, [S. l.], v. 15, n. 1, p. 76–84, 2022.

HOE, Lim Seh et al. Enhancing student competencies through digital video production: a project-based learning framework. **Journal of Business and Social Review in Emerging Economies**, v. 5, n. 01, p. 51-62, 2019.

LIMA, M. Como testar a normalidade da amostra com os testes de Kolmogorov-Smirnov e de Shapiro-Wilk? **Blog Psicometria Online**. 8 jun. 2021. Disponível em: <https://www.blog.psicometriaonline.com.br/como-testar-a-normalidade-da-amostra-com-kolmogorov-smirnov-e-shapiro-wilk/>. Acesso em: 30 dez. 2025.

LIMA, M. O que é teste de hipótese? **Blog Psicometria Online**. 2 jun. 2025. Disponível em: <https://www.blog.psicometriaonline.com.br/teste-de-hipotese/>. Acesso em: 30 dez. 2025.

LONDON, Einav. CHANGING STUDENTS' ATTITUDES TOWARD MATHEMATICS THROUGH CREATIVE STEAM PROJECTS DESIGNED AND EXECUTED BY THEM (SMART PROGRAM). **Acta Didactica Napocensia**, v. 15, n. 2, 2022.

MACIANO, G. D.; LIMA, W. G. de; MACIEL, C.; CASAGRANDE, A. L. Steam approach and high school education: a new language for youth education? **SciELO Preprints**, 2024. Disponível em: <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/5767/15231>. Acesso em: 19 dez. 2025.

MAIA, D.L.; CARVALHO, R.A.; APPELT, V.K. Abordagem STEAM na Educação Básica Brasileira: Uma Revisão de Literatura. **Rev. Tecnol. Soc.**, Curitiba, v. 17, n. 49, p.68-88, out./dez., 2021.

MAIA, Dennys; SOARES, Raíza; LOURENÇO, Roberia; MOURA, Lidiane. A abordagem STEAM como proposta pedagógica interdisciplinar para aprendizagem matemática. **Revista Ensino em Debate**, Fortaleza, v. 2, p. e2024016, 2024.

MALIK, Tayyaba Gul; ALAM, Rabail. Comparative analysis between pre-test/post-test model and post-test-only model in achieving the learning outcomes. **Pakistan Journal of Ophthalmology**, v. 35, n. 1, 2019.

MANCUSO, Aline Castello Branco; CASTRO, Stela Maria de Jesus; GUIMARÃES, Luciano Santos Pinto; LEOTTI, Vanessa Bielefeldt; HIRAKATA, Vânia Naomi; CAMEY, Suzi Alves. Estatística Descritiva: Perguntas que você sempre quis fazer, mas nunca teve coragem. **Clinical and Biomedical Research**, [S. l.], v. 38, n. 4, 2019.

MASSON, T. J. et al. Metodologia de ensino: aprendizagem baseada em projetos (PBL). In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 40., 2012, Belém. Anais[...]. Belém: [s.n.], 2012. p. 1-10.

MINEIRO, Márcia; A. ALVES DA SILVA, Mara; GRACIA FERREIRA, Lúcia. PESQUISA QUALITATIVA E QUANTITATIVA: imbricação de múltiplos e complexos fatores das abordagens investigativas. **Momento - Diálogos em Educação**, [S. l.], v. 31, n. 03, p. 201–218, 2022.

MORAES, J. U. P.; ARAÚJO, M. S. T. de. **O Ensino de Física e o Enfoque CTSA: caminhos para uma educação cidadã**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012.

MORAES, R. Análise de Conteúdo. **Revista Educação**, Porto Alegre, v. 22, p. 7-32, 1999.

MOREIRA, M. A. **A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala.** Brasília: Editora da UnB, 2006.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021.

MOREIRA, M.A. O que é afinal aprendizagem significativa? Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010. Aceito para publicação, **Qurrriculum**, La Laguna, Espanha, 2012.

MUFIDA, Siti Nur; SIGIT, Diana Vivanti; RISTANTO, Rizhal Hendi. Integrated project-based e-learning with science, technology, engineering, arts, and mathematics (PjBeL-STEAM): its effect on science process skills. **Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi**, v. 13, n. 2, p. 183-200, 2020.

NÓBREGA-TERRIEN, S. M.; TERRIEN, J. Trabalhos científicos e o estado da questão. **Estudos em Avaliação Educacional**, São Paulo, v. 15, n. 30, p. 5–16, 2004. DOI: 10.18222/aeae153020042148. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/aeae/article/view/2148>. Acesso em: 1 set. 2025.

NUNES, C. O.; FRAIHA, S. da G. de C.; PEREZ, S. Dificuldades de aprendizagem de conceitos físicos pela teoria de campos conceituais: uma abordagem investigativa com o uso da oficina “a física do caminhar”. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 18, n. 4, p. 106-118, 2023.

NUSSENZVEIG, M. H., **Curso de Física Básica – Eletromagnetismo**. 2. ed., v. 3. São Paulo: Editora Blucher, 2015.

NUSSENZVEIG, M. H., **Curso de Física Básica – Mecânica**. 5. ed., v. 1. São Paulo: Editora Blucher, 2013.

OLIVEIRA, A. P. M. de.; FUGANHOLI, N. S.; CUNHA, P. H. de S.; BARELLI, V. A.; BUNEL, M. P. M.; NOVAZZI, L. F. TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYSIS OF RENEWABLE ENERGY. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, Viçosa/MG, BR, v. 4, n. 1, p. 0163–0169, 2018.

OLIVEIRA, Pedro Henrique Silva de. **Avaliação do aprendizado de física a partir da análise dos microdados do Enem de 2023**. 2025. 66 f. TCC (Licenciatura em Física) - IFCE/ Campus Fortaleza, Fortaleza, 2025.

partir da energia eólica. Sorocaba, 2021. 167 f. Dissertação (Mestrado Profissional em PENTEADO, Paulo César Martins. **Física: conceitos e aplicações**. 1. ed., v. 3. São Paulo: Moderna, 1998.

PEREIRA, Antonio. Pesquisa interventiva nos mestrados profissionais em educação: fundamentos e possibilidade prática. **Revista de Estudos Aplicados em Educação**, v. 6, n. 12, 2021.

PEREIRA, João Guilherme Nunes. **O estudo de soluções químicas pela abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS): uma proposta interdisciplinar de ensino para o 2º ano do ensino médio**. 2023. 136 f Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/ Campus Fortaleza, Fortaleza, 2023.

PETROBRAS. Conheça fontes de energias renováveis, seu papel e exemplos. **Petrobras**, 2025. Disponível em: <https://nossaenergia.petrobras.com.br/w/transicao-energetica/conheca-quais-sao-as-fontes-de-energias-renovaveis-seu-papel-e-exemplos-1>. Acesso em: 23 dez. 2025.

PEZZIN, Diego de Oliveira. **Uma proposta de sequência didática com base em metodologias ativas por meio do ensino híbrido para o ensino da óptica da visão e o efeito fotoelétrico**. 2022. 246 f. Dissertação (Mestrado profissional em Ensino de Física - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Campus Cariacica, Cariacica, 2022.

PINTO, Milton Oliveira. **Energia elétrica: geração, transmissão e sistemas interligados**. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

PIRES, M. P. O STEAM e as atividades experimentais investigativas. *In*: BACICH, L.; HOLANDA, L (orgs.). **Steam em sala de aula: a aprendizagem baseada em projetos integrando conhecimentos na educação básica**. Porto Alegre: Penso Editora, 2020.

PUGLIESE, G. O. **Os modelos pedagógicos de ensino de ciências em dois programas educacionais baseados em STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics)**. 2017. 135 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Biologia Molecular) - Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

QUIRINA NETO, Mônica. **STEAM: Uma proposta investigativa para abordar o tema plásticos com alunos do 7º ano do ensino fundamental anos finais**. 2021. 103 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade Estadual de Roraima, Boa Vista, 2022.

RACHMAWATI, O. Q. et al. Analysis of Student Problem-Solving Skills on Static Fluid Topics. *In: Journal of Physics: Conference Series*. p. 012104. IOP Publishing, 2024a.

RACHMAWATI, O. Q. et al. Students' scientific argumentation skills through PjBL–STEAM model assisted by web-based interactive PowerPoint on static fluid. *In: Journal of Physics: Conference Series*. p. 012015. IOP Publishing, 2024b.

RAHMAWATI, Y. et al. The development of chemistry students' 21 century skills through a STEAM project on electrolyte and non-electrolyte solutions. *In: Journal of Physics: Conference Series*. p. 055049. IOP Publishing, 2019b.

RAHMAWATI, Yuli et al. Developing critical and creative thinking skills through STEAM integration in chemistry learning. In: **Journal of Physics: Conference Series**. p. 012033. IOP Publishing, 2019a.

RAHMAWATI, Yuli et al. Developing Students' Chemical Literacy through the Integration of Dilemma Stories into a STEAM Project on Petroleum Topic. **Journal of Technology and Science Education**, v. 14, n. 2, p. 376-392, 2024.

RANQUETAT, Vanessa Carbolin. **Educação permanente em saúde para a segurança do paciente em hospitais: desenvolvimento e avaliação de estratégias educativas**. 2025. 127 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino na Saúde) – Universidade Federal de Ciências da Saúde de Porto Alegre, Porto Alegre, 2025.

RIDWAN, A. et al. Developing 22nd century skills through the integration of STEAM into smoke absorber project. In: **Journal of Physics: Conference Series**. p. 042077. IOP Publishing, 2020.

ROCHA, W. S.; RUIVO, S. DE C.; ROMEU, M. C.; ALMEIDA, A. C. F. DE.; OLIVEIRA, A. N. DE. A ABORDAGEM STEM/STEAM NO ENSINO DE FÍSICA: UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA. **Ensino de Ciências e Tecnologia em Revista – ENCITEC**, v. 16, n. 1, p. 99-116, 15 dez. 2025.

ROCHA, W. S.; RUIVO, S. de C.; ROMEU, M. C.; ALMEIDA, A. C. F. de. ARDUINO INTEGRADO AO ENSINO DE FÍSICA: REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, Cuiabá, Brasil, v. 12, p. e24070, 2024.

ROSA, CC da. **Um estudo do fenômeno de congruência em conversões que emergem em atividades de modelagem matemática no ensino médio**. 2009. 143 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática), Universidade Estadual de Londrina, Londrina (PR), 2009.

SANDERS, M. STEM, STEM education, STEM mania. **The technology Teacher**, v. 68, n. 4, p. 20-26, 2009.

SANTOS, E. M. F.; ONISAKI, H. H. C. Espaço STEAM na escola: guia completo para professores e gestores da educação básica e técnica. [livro eletrônico] – 1. ed. São Paulo: EPUSP - Escola Politécnica, 2023. **E-book** (96 p.). Disponível em: https://febrace.org.br/wp-content/uploads/2023/11/PT_Ebook-ESPACO-STEAM-NA-ESCOLA.pdf. Acesso em: 19 dez. 2025.

SANTOS, F. L. dos. Ciência e tecnologia na escola. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 15, n. 34, p. 1-23, 2019.

SANTOS, Naomi Suassuna dos. **Proposta de unidade didática para o ensino de indução eletromagnética com ênfase no funcionamento de geradores elétricos**. 2017. 90 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

SARMENTO, A. C. de H. et al. Investigando princípios de design de uma sequência didática sobre metabolismo energético. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, n. 3, p. 573-598, 2013.

SFREDO, B. A.; BORGES, J. de O. A.; ALVES, A. C. T. Dialogue on the teaching-learning relationship in the discipline of Physics with high school students. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 14, p. e197101421786, 2021.

SILVA, Ederson Carlos; VIANA, Helena Brandão; DE BARROS VILELA JR, Guanís. Metodologias ativas numa escola técnica profissionalizante: Active methodologies in a professional technical school. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 33, n. 1, p. 158-173, 2020.

SILVA, Erica Jeani Costa de Santana e. **Utilizando a tecnologia no ensino de física: uma vivência de gamificação com o Kahoot para alunos do Ensino Médio**. 2023. 70 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - IFCE/ Campus Fortaleza, Fortaleza-CE, 2023.

SILVA, Frederico Rozendo da. **Metodologias ativas e sequência didática como ferramenta no processo de aprendizagem de eletromagnetismo**. 2025. 222 f. Dissertação (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) — Programa de Pós-Graduação em Ensino da Rede Nordeste de Ensino, Centro de Ciências, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2025.

SILVA, Joas Santana da; NICODEM, Maria Fatima Menegazzo. O uso das tecnologias na educação: facilitador da aprendizagem. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 12, n. 31, p. 1-21, 2022.

SOUSA, Jordan et al. Análise Descritiva e de Correlação dos Indicadores de Desempenho: Custo, Prazo E Ritmo. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 14, n. 1, 2022.

SOUSA, R. R. A. de. Teorizando o STEAM: como integrar projetos interdisciplinares no currículo STEAM. **Revista Interseção**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 315–341, 2024.

SOUZA, Danilo do Carmo de. **Tecnologias digitais e a aprendizagem de conceitos estatísticos: a utilização do software geogebra por estudantes do 9º ano do ensino fundamental**. 2019. 116f. - Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Programa de Pós-graduação em Educação, Fortaleza (CE), 2019a.

SOUZA, Fabiano dos Santos. Ensino de probabilidade e estatística por meio da análise exploratória de dados e resolução de problemas. **Revista Internacional de Educação Superior**, Campinas, SP, v. 5, p. e019002, 2019b.

SOUZA, M. C. de.; MOREIRA JUNIOR, F. J.; NICOLETTI, E. R.; SIEDLER, M. S. Conhecendo o sistema solar: uma sequência didática utilizando TDIC nos anos iniciais. **Informática na educação: teoria & prática**, Porto Alegre, v. 26, n. 1, p. 87–98, 2023.

SOUZA, Samir Cristino de; DOURADO, Luis. APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS (ABP): UM MÉTODO DE APRENDIZAGEM INOVADOR PARA O ENSINO EDUCATIVO. **HOLOS**, [S. l.], v. 5, p. 182–200, 2015.

STRATTON, Samuel J. Quasi-experimental design (pre-test and post-test studies) in prehospital and disaster research. **Prehospital and disaster medicine**, v. 34, n. 6, p. 573-574, 2019.

TEIXEIRA, Paula Iriane Sousa. **A educação STEAM Sob a ótica dos letramentos: perspectivas do professor da educação básica**. 2024. 213 f. Dissertação Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará/ Campus Fortaleza, Fortaleza, 2024.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **Física para Cientistas e Engenheiros**. 6. ed., v. 2. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

TORQUITO, Antônio. Rumo ao amanhã sustentável: a revolução energética do Ceará - Blog Empreender. **UNIFOR**, 19 fev. 2024. Disponível em: <https://unifor.br/web/empreender/rumo-ao-amanha-sustentavel-a-revolucao-energetica-do-ceara>. Acesso em: 12 dez. 2024.

Torras Galán, Anna; Castarlenas Gascons, Laura; Lope Pastor, Sílvia; Carrió Llach, Mar. Promoviendo la creatividad científica en secundaria: diseño y aplicación de actividades en el aula de ciencias. **Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias**, vol. 19, núm. 3, 2022.

WATSON, J. M.; ENGLISH, L. D. Statistical Problem Posing, Problem Refining, and Further Reflection in Grade 6. *Can. J. Sci. Matemática. Techn. Educ.* 17, 347–365 (2017).

WHELAN, M.; REILLY, E.; WICKS, F. Thomas Davenport. **Edison Tech Center**. 2010. Disponível em: <https://edisontechcenter.org/DavenportThomas.html>. Acesso em: 24 set. 2024.

APÊNDICE A — QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE DE CONHECIMENTO

1. Como se define a intensidade de uma corrente elétrica?

- a) Como a quantidade de calor gerada em um condutor.
- b) Como a quantidade de cargas elétricas que passa por um ponto em um tempo específico.
- c) Como a velocidade do movimento das partículas carregadas.
- d) Como a capacidade de um campo magnético gerar uma corrente.
- e) Como a quantidade de elétrons gerados em um material.

2. Em um condutor metálico, o que realmente se move para gerar corrente elétrica?

- a) Prótons.
- b) Nêutrons.
- c) Íons positivos.
- d) Elétrons livres.
- e) Fótons.

3. O sentido da corrente elétrica real é definido como:

- a) Do polo positivo para o negativo.
- b) Do positivo para o fio terra.
- c) Do negativo para o positivo.
- d) Alternado constantemente.
- e) Sempre no sentido do campo magnético.

4. Qual é a principal característica de um ímã?

- a) Conduzir eletricidade.
- b) Grudar em qualquer material.
- c) Atrair materiais como ferro.
- d) Emitir ondas sonoras.
- e) Aumentar a resistência elétrica de um circuito.

5. O campo magnético de um ímã se orienta:

- a) Do polo sul para o polo norte.
- b) Do polo norte para o polo sul.
- c) Em linhas circulares internas.
- d) Paralelo à superfície do ímã.
- e) Não possui orientação.

6. Como os polos de um ímã interagem entre si?

- a) Polos iguais se atraem, e polos opostos se repelem, devido à força magnética.
- b) Polos iguais se repelem, e polos opostos se atraem, devido à força magnética.
- c) Ambos os polos se atraem igualmente por causa do campo magnético.
- d) Os polos não interagem entre si, apenas geram campo magnético ao redor.
- e) Polos iguais se repelem levemente, sem influenciar os polos opostos.

7. O que acontece com um ímã quando ele é cortado ao meio?

- a) Ele perde completamente o magnetismo.
- b) Cada metade possui apenas um polo original, norte ou sul.
- c) Cada metade se torna um novo ímã completo, com polos norte e sul.
- d) As metades não possuem polos magnéticos após o corte.
- e) As metades mantêm a polaridade original, sem alteração.

8. O que é um campo magnético?

- a) Uma região onde há um fluxo constante de calor.
- b) Uma região ao redor de uma carga elétrica em movimento.
- c) Uma área onde a pressão do ar é constante.
- d) Uma região onde as cargas elétricas permanecem estáticas.
- e) Uma zona onde a luz é refletida uniformemente.

9. O que é indução eletromagnética?

- a) A geração de calor em um condutor quando uma corrente passa por ele.

- b) A criação de uma corrente elétrica em um condutor devido à variação de um campo magnético.
- c) A atração entre dois ímãs quando aproximados.
- d) A formação de um campo elétrico constante ao redor de um ímã.
- e) A produção de energia térmica a partir de eletricidade.

10. Assinale a alternativa correta sobre a corrente contínua (CC):

- a) É utilizada nas redes elétricas das casas.
- b) Altera sua intensidade constantemente.
- c) Tem seu sentido fixo no circuito.
- d) É gerada por usinas hidrelétricas.
- e) Só existe na natureza.

11. Qual propriedade dos materiais ferromagnéticos os torna únicos?

- a) Eles geram calor ao serem expostos ao magnetismo.
- b) São fortemente atraídos por campos magnéticos.
- c) São repelidos por campos magnéticos intensos.
- d) Não reagem ao magnetismo em campo estático.
- e) Absorvem energia elétrica.

12. A magnetização de um material ocorre quando:

- a) As cargas elétricas permanecem estacionárias, anulando qualquer campo magnético externo.
- b) O movimento aleatório dos elétrons gera campos magnéticos que se cancelam mutuamente.
- c) Os domínios magnéticos internos se alinham, produzindo um campo magnético resultante.
- d) A separação dos polos magnéticos internos gera monopolos magnéticos livres no material.
- e) A anulação do campo elétrico externo reorganiza as cargas, criando magnetização permanente.

13. Qual dos materiais abaixo pode ser imantado com mais facilidade?

- a) Alumínio.
- b) Cobre.
- c) Vidro.
- d) Ferro.
- e) Borracha.

14. Qual é uma função importante do campo magnético terrestre?

- a) Orientar o fluxo de energia elétrica ao redor do planeta.
- b) Proteger a Terra de partículas carregadas do Sol e do espaço.
- c) Impedir o movimento das placas tectônicas.
- d) Garantir que o planeta mantenha uma temperatura constante.
- e) Reduzir a atividade vulcânica ao longo das linhas de latitude.

15. Em quais exemplos do cotidiano o fenômeno da indução eletromagnética é observado?

- a) Forno elétrico e geladeira.
- b) Carregamento sem fio de dispositivos e geração em usinas eólicas.
- c) Iluminação de emergência e sensores de presença.
- d) Câmeras digitais e controles de videogame.
- e) Transmissão Wi-Fi e aplicativos de navegação GPS.

16. A geração de energia elétrica ocorre graças a um fenômeno físico que também é observado em:

- a) Painéis solares.
- b) Usinas termométricas movidas a carvão.
- c) Dinamos de bicicleta.
- d) Pilhas químicas.
- e) Resistores elétricos.

17. Entre as diversas fontes de energia utilizadas atualmente, algumas são classificadas como renováveis e outras como não renováveis. Observe os exemplos a seguir:

I. combustíveis fósseis. II. energia hidrelétrica. III. energia nuclear. IV. etanol. V. energia eólica.

Considerando esses exemplos, quantas dessas fontes são consideradas renováveis?

- a) apenas um é renovável.
- b) apenas dois são renováveis.
- c) apenas três são renováveis.

d) apenas quatro são renováveis.

e) todos são renováveis.

18. As fontes de energia não renováveis apresentam risco de esgotamento porque:

a) São rapidamente substituídas por fontes renováveis.

b) Suas reservas naturais são limitadas e não se renovam em tempo viável.

c) São amplamente recicláveis pela ação humana.

d) Estão em abundância nos países tropicais.

e) Sua extração é mais eficiente do que a de fontes renováveis.

19. As usinas hidrelétricas são amplamente utilizadas no território brasileiro, já que utilizam da água para gerar a energia. A principal desvantagem das usinas hidrelétricas está atrelada ao:

a) abrangente impacto ambiental gerado por meio da sua instalação.

b) emprego restritivo da energia produzida em áreas residenciais.

c) uso de combustíveis fósseis para o seu funcionamento.

d) processo de emissão de poluentes nas águas dos reservatórios.

e) pequeno custo para a instalação das turbinas geradoras de energia.

20. As fontes de energia podem ser classificadas, conforme a sua origem, em renováveis e não renováveis. As fontes renováveis de energia têm como principal característica a:

a) necessidade de baixos investimentos financeiros para produção elétrica.

b) utilização de elementos ambientais finitos para a produção energética.

c) dependência da utilização de combustíveis fósseis para a sua produção.

d) emissão de poluentes atmosféricos causadores do aquecimento global.

e) utilização de recursos naturais que possuem capacidade de regeneração.

APÊNDICE B — QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE DE CONHECIMENTO

1. A corrente elétrica só ocorre quando:

- a) O fio está isolado, sem contato com outros materiais.
- b) As cargas permanecem em repouso, sem se movimentar.
- c) O fio está suficientemente resfriado para gerar o movimento das cargas.
- d) Não há nenhuma diferença de tensão no circuito.
- e) Existe um circuito fechado e uma diferença de potencial que impulsiona as cargas.

2. Um fio percorrido por corrente elétrica gera:

- a) Apenas calor.
- b) Campo elétrico, mas não campo magnético.
- c) Força magnética apenas se o fio for enrolado.
- d) Um campo magnético ao seu redor.
- e) Nenhuma influência ao seu redor.

3. O sentido da corrente elétrica convencional é definido como:

- a) Do polo negativo para o polo positivo da fonte.
- b) Do aterramento para a carga.
- c) Do polo positivo para o negativo da fonte.
- d) Em qualquer direção, dependendo da resistência.
- e) Sempre no sentido do campo magnético.

4. Em qual desses dispositivos o ímã é fundamental para o funcionamento?

- a) Termômetro de mercúrio.
- b) Alto-falante.
- c) Aquecedor elétrico.
- d) Lâmpada incandescente.
- e) Relógio digital.

5. Como um campo magnético é gerado?

- a) Pela movimentação de cargas elétricas em um fio condutor.
- b) Pela troca de calor entre dois materiais.
- c) Pela formação de um campo elétrico em um ímã.
- d) Pela aplicação de luz em um material reflexivo.
- e) Pela compressão de partículas de ar.

6. O sentido das linhas de campo magnético ao redor de um fio depende:

- a) Do material do fio.
- b) Da voltagem aplicada.
- c) Do sentido da corrente elétrica.
- d) Da resistência elétrica.
- e) Da espessura do fio.

7. Qual das opções exemplifica a “força de repulsão” entre os polos de dois ímãs?

- a) A força de repulsão ocorre devido à interação entre campos elétricos próximos aos ímãs.
- b) A força de repulsão é causada pela distância dos ímãs.
- c) A força de repulsão resulta da presença de corrente elétrica nos ímãs.
- d) A força de repulsão se deve pela interação de polos iguais.
- e) A força de repulsão ocorre apenas em quando os polos diferentes interagem.

8. A indução eletromagnética ocorre quando há:

- a) Corrente constante em um condutor imerso em campo fixo.
- b) Variação do fluxo magnético sobre um condutor.
- c) Ausência total de campo magnético no sistema.
- d) Atração de materiais não metálicos e metálicos
- e) Aproximação de dois ímãs sem interação.

9. O movimento de um ímã em direção a uma bobina gera:

- a) Uma corrente elétrica induzida.
- b) Um acúmulo de carga elétrica estática.

- c) Apenas um campo elétrico estático, sem geração de corrente.
- d) Uma alteração permanente na resistência da bobina
- e) Uma transformação do ímã em condutor.

10. Por que materiais ferromagnéticos são usados na fabricação de núcleos de eletroímãs?

- a) Porque não conduzem eletricidade.
- b) Porque geram calor com facilidade.
- c) Porque amplificam a corrente elétrica.
- d) Porque contribuem para a intensidade do campo magnético.
- e) Porque impedem a passagem do campo magnético.

11. O que acontece com os domínios magnéticos de um material quando ele é desmagnetizado?

- a) Eles permanecem perfeitamente alinhados.
- b) Eles se reorganizam de forma aleatória, cancelando o campo magnético resultante.
- c) Eles se alinham na mesma direção do campo aplicado.
- d) O material perde todos os seus elétrons livres.
- e) O material se torna um isolante elétrico e magnético.

12. Em qual das situações abaixo ocorre o processo de imantação temporária?

- a) Ao esfregar um pedaço de madeira em um ímã.
- b) Quando um prego de ferro é colocado próximo a um ímã.
- c) Quando um fio de cobre é aquecido em alta temperatura.
- d) Ao iluminar um metal com luz ultravioleta.
- e) Quando um metal é exposto ao campo elétrico de uma bateria

13. A corrente alternada (CA) é aquela que:

- a) Flui sempre no mesmo sentido.
- b) Não depende da voltagem.
- c) Inverte seu sentido periodicamente.
- d) Não gera campo magnético.
- e) Existe apenas em pilhas.

14. Marque a alternativa que melhor descreve o comportamento da bússola com o campo magnético da Terra.

- a) A agulha da bússola aponta para o Norte Geográfico, pois é atraída pela rotação da Terra.
- b) A agulha da bússola aponta para o Norte Geográfico, que corresponde fisicamente a um polo Sul Magnético.
- c) A agulha da bússola aponta aleatoriamente, pois não é influenciada pelo campo magnético terrestre.
- d) O campo magnético terrestre atrai a agulha da bússola para o centro do planeta.
- e) O Norte Magnético está exatamente sobre o Polo Norte Geográfico.

15. Qual dos dispositivos abaixo funciona com base na indução eletromagnética?

- a) Bateria comum.
- b) Pannel solar.
- c) Gerador elétrico.
- d) Lâmpada de LED.
- e) Resistor elétrico.

16. A indução eletromagnética é fundamental para:

- a) Produzir energia elétrica a partir do movimento do vento.
- b) Aquecer a água por meio da energia térmica.
- c) Produzir gás natural a partir de combustível fóssil.
- d) Armazenar energia em baterias químicas.
- e) Transportar energia via fluidos.

17. A energia proveniente de fontes renováveis é considerada mais sustentável porque:

- a) Exige o uso contínuo de combustíveis fósseis.
- b) Dura pouco tempo e é de difícil reposição.
- c) Aumenta os custos e os danos ambientais.
- d) Utiliza recursos que se regeneram naturalmente.
- e) É sempre produzida por usinas termonucleares.

18. Qual das alternativas abaixo destaca uma desvantagem associada ao uso de fontes de energia renováveis?

- a) Contribuem para o desenvolvimento sustentável, conforme defendido por especialistas.
- b) Reduzem os impactos ambientais causados pelo uso de recursos não renováveis.
- c) Requerem tecnologias avançadas e altos custos de instalação inicial.
- d) Ajudam a preservar a qualidade do ar devido à baixa emissão de poluentes.
- e) Diminuem a dependência mundial dos combustíveis fósseis, como petróleo e carvão.

19. Em relação ao cenário energético brasileiro, marque a alternativa correta:

- a) A produção de energia elétrica no Brasil é predominantemente hidráulica.
- b) O território brasileiro possui uma dezena de usinas nucleares de grande porte.
- c) A maior parte da energia elétrica brasileira é importada do Paraguai.
- d) O Brasil possui grandes depósitos de carvão mineral no Nordeste do país.
- e) As principais instalações eólicas brasileiras estão instaladas no Centro-Oeste.

20. Qual é a principal característica das fontes de energia não renováveis?

- a) Estão disponíveis de forma ilimitada na natureza.
- b) São obtidas por meio de processos naturais renováveis.
- c) Não causam impactos ambientais ao serem utilizadas.
- d) Podem ser facilmente regeneradas em curto prazo.
- e) Possuem estoques limitados e podem se esgotar com o uso contínuo.

APÊNDICE C — QUESTIONÁRIO DE SATISFAÇÃO

1. As aulas foram conduzidas de forma confortável.

- a) Concordo totalmente.
- b) Concordo parcialmente.
- c) Neutro.
- d) Discordo parcialmente.
- e) Discordo totalmente.

2. Como você avalia o impacto das aulas no desenvolvimento do seu interesse pela área da Física?

- a) Aumentou muito o interesse.
- b) Aumentou o interesse.
- c) Permaneceu o mesmo.
- d) Diminuiu o interesse.
- e) Perdi o interesse.

3. Qual foi o seu nível de satisfação com as oportunidades de trabalho em grupo e discussões colaborativas durante as aulas?

- a) Muito satisfeito.
- b) Satisfeito.
- c) Neutro.
- d) Pouco satisfeito.
- e) Insatisfeito.

4. Me senti mais envolvido(a) nas aulas quando pude construir ou manipular os experimentos.

- a) Concordo totalmente.
- b) Concordo parcialmente.
- c) Neutro.
- d) Discordo parcialmente.
- e) Discordo totalmente.

5. Senti que aprendi mais ao participar ativamente da construção e investigação dos experimentos do que apenas assistindo às explicações.

- a) Concordo totalmente.
- b) Concordo parcialmente.
- c) Neutro.
- d) Discordo parcialmente.
- e) Discordo totalmente.

6. As práticas experimentais foram bem integradas ao conteúdo teórico, o que favoreceu minha aprendizagem.

- a) Concordo totalmente.
- b) Concordo parcialmente.
- c) Neutro.
- d) Discordo parcialmente.
- e) Discordo totalmente.

7. Os materiais disponibilizados em sala foram acessíveis e enriqueceram sua compreensão sobre indução eletromagnética?

- a) Sim, bastante.
- b) Sim, em parte.
- c) Neutro.
- d) Não muito.
- e) Não, de forma alguma.

8. As aulas foram fundamentais para melhorar minha compreensão sobre como as usinas de energia utilizam a indução eletromagnética para converter energia.

- a) Concordo totalmente.
- b) Concordo parcialmente.
- c) Neutro.

d) Discordo parcialmente.

e) Discordo totalmente.

9. O uso de metáforas, analogias e exemplos do cotidiano nas aulas contribuiu para que eu compreendesse melhor os conceitos de indução eletromagnética e geração de energia?

a) Concordo totalmente.

b) Concordo parcialmente.

c) Neutro.

d) Discordo parcialmente.

e) Discordo totalmente.

10. Como você avaliaria a eficácia geral das aulas e atividades propostas no contexto da pesquisa?

a) Muito eficaz.

b) Eficaz.

c) Neutro.

d) Pouco eficaz.

e) Não eficaz.

11. O que você aprendeu nas aulas que mudou ou ampliou sua visão sobre como a energia é gerada e usada no seu dia a dia?

12. Qual foi o aspecto mais interessante que você destacaria das aulas?

13. Escreva um comentário sobre as atividades (elogios, críticas ou sugestões).

**APÊNDICE D — QUESTIONÁRIO DO PROFESSOR REGENTE DAS TURMAS
SOBRE AS ATIVIDADES E APRENDIZAGENS DOS ESTUDANTES**

- 1. A temática sobre indução eletromagnética e fontes de energia foi adequada aos níveis e perfis das turmas?**
- 2. Você acredita que a abordagem utilizada nas aulas despertou algum interesse dos alunos? Por que você acha isso?**
- 3. Você percebeu algum engajamento dos alunos nas práticas experimentais? Se sim, qual?**
- 4. A utilização de materiais acessíveis favoreceu uma aprendizagem mais significativa?**
- 5. A formação de grupos contribuiu para a aprendizagem e a postura investigativa dos alunos?**
- 6. Em sua opinião, quais foram os principais benefícios e desafios de trabalhar a interdisciplinaridade em propostas como essa?**
- 7. Quais pontos positivos destacaria dessa intervenção? E o que poderia ser melhorado em futuras aplicações?**
- 8. Você acredita que essa intervenção pode ser aplicada ou adaptada a outras turmas? Se sim, por quê?**
- 9. Como avalia, de forma geral, a proposta aplicada em sala?**
- 10. Deseja deixar alguma sugestão de novos temas ou comentário final sobre a intervenção?**

APÊNDICE E – PONTUAÇÃO DOS ALUNOS NO PRÉ-TESTE E PÓS-TESTE DAS TURMAS DE MECÂNICA E QUÍMICA

Mecânica			
Alunos	Pré-teste	Pós-teste	Varição
A1	4,0	8,0	+4,0
A2	6,0	5,5	-0,5
A3	3,5	5,0	+1,5
A4	5,0	7,0	+2,0
A5	8,0	8,0	0,0
A6	6,0	9,5	+3,5
A7	5,0	6,5	+1,5
A8	5,5	8,5	+3,0
A9	5,0	6,5	+1,5
A10	6,5	6,0	-0,5
A11	4,5	5,5	+1,0
A12	6,5	8,5	+2,0
A13	5,5	9,5	+4,0
A14	8,5	7,0	-1,5
A15	4,5	5,0	+0,5
A16	4,0	6,0	+2,0
A17	6,0	7,5	+1,5
A18	4,0	9,5	+5,5
A19	8,5	8,5	0,0

Química			
Alunos	Pré-teste	Pós-teste	Varição
B1	6,0	7,0	+1,0
B2	3,0	5,5	+2,5
B3	7,0	7,0	0,0
B4	5,5	9,0	+3,5
B5	5,5	6,0	+0,5
B6	5,5	9,0	+3,5
B7	7,0	8,5	+1,5
B8	6,0	8,5	+2,5
B9	6,0	7,0	+1,0
B10	6,5	9,0	+2,5
B11	9,5	9,5	0,0
B12	7,0	7,0	0,0
B13	5,0	9,5	+4,5
B14	6,0	6,5	+0,5
B15	5,5	5,5	0,0
B16	7,0	8,0	+1,0
B17	4,5	6,0	+1,5

ANEXO A – PARECER CONSUBSTANCIADO PELO CEP

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: A ABORDAGEM STEAM NO ENSINO DE FÍSICA COM FOCO NA PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL E OS ESTUDOS SOBRE A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO

Pesquisador: WEFITON SOUSA ROCHA

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 85918924.0.0000.5589

Instituição Proponente: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCACAO, CIENCIA E TECNOLOGIA DO CEARA

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 7.508.791

Apresentação do Projeto:

Resumo: Esta pesquisa terá uma abordagem quanti-qualitativa, descritiva e de natureza aplicada, empregando o estudo de caso como estratégia metodológica. Será estruturada em três fases: exploração inicial, desenvolvimento (etapas STEAM) e avaliação. Essas fases estão alinhadas com a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), integradas à abordagem STEAM, e enfocam a perspectiva socioambiental das fontes de energia renováveis para promover uma aprendizagem significativa. O público-alvo será composta por 20 estudantes de ensino médio técnico do 4º semestre da disciplina de eletricidade, do curso de Química do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará (IFCE), campus Fortaleza. A finalidade central é promover o diálogo e a discussão na aplicação do Curso de Indução Eletromagnética em Fontes de Energias Renováveis, inserido nas aulas de eletricidade e eletromagnetismo. Haverá a explanação da transformação de energia elétrica por meio da indução eletromagnética, com um foco especial em fontes de energia sustentáveis e renováveis, analisando seus impactos socioambientais e funcionamento com base em conceitos físicos. As atividades ocorrerão ao longo de 10 horas-aula, distribuídas em encontros vespertinos, com uma combinação de momentos teóricos em sala de aula e práticas em laboratório, promovendo a interação entre conceitos teóricos e suas aplicações práticas.

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE**



Continuação do Parecer: 7.508.791

Metodologia Proposta: A pesquisa adotará uma abordagem quanti-qualitativa, descritiva e de natureza aplicada, empregando o estudo de caso como estratégia metodológica. A finalidade central é promover o diálogo e a discussão em um ambiente colaborativo, onde os alunos possam compartilhar ideias e conhecimentos. Essa estratégia, uma adaptação da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), busca incentivar a autonomia dos estudantes, permitindo que assumam maior controle sobre seu processo de aprendizagem, desenvolvendo, assim, habilidades críticas e reflexivas (Sá, Francisco e Queiroz, 2007). Embora o estudo de caso seja geralmente visto como uma metodologia qualitativa, ele pode incorporar componentes quantitativos, como a aplicação de questionários e a avaliação de dados numéricos, para enriquecer as observações e análises qualitativas. Esta fusão de métodos permite uma interpretação mais abrangente e unificada dos resultados, oferecendo uma visão completa tanto das vivências individuais dos alunos quanto dos efeitos quantificáveis no aprendizado (Sátyro; D'Albuquerque, 2020). A abordagem qualitativa é utilizada para explorar e interpretar fenômenos com base nas percepções, discursos e experiências dos participantes. Ela envolve a coleta de dados descritivos, como entrevistas e observações, permitindo uma compreensão profunda das motivações e relações sociais no contexto investigado. Em contraste, a abordagem quantitativa foca na mensuração e análise objetiva de variáveis, coletando dados numéricos via questionários estruturados e experimentos. Isso possibilita análises estatísticas para testar hipóteses e generalizar resultados, oferecendo evidências robustas aplicáveis a contextos mais amplos. Em síntese, a combinação de métodos qualitativos e quantitativos proporciona benefícios adicionais, permitindo tanto um estudo detalhado dos fenômenos quanto uma avaliação sistemática dos resultados. Portanto, o investigador deve escolher as estratégias mais adequadas de acordo com o caráter específico do estudo (Mineiro; Silva; Ferreira, 2022). A pesquisa explorará fontes renováveis de energia que utilizam a indução eletromagnética para transformar energia mecânica em elétrica, analisando seus impactos socioambientais e funcionamento com base em conceitos físicos. O estudo tem como foco principal a compreensão do processo de geração de energia renovável e a promoção de uma aprendizagem significativa, integrando a abordagem STEAM e a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). O público-alvo desta pesquisa será composta por 20 estudantes de ensino médio técnico do 4º semestre da disciplina de eletricidade, no curso de Química do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará (IFCE), campus Fortaleza, no turno da tarde. A pesquisa aplicada será o Curso de Indução Eletromagnética em

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

UF: CE

Município: FORTALEZA

CEP: 60.410-426

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE**



Continuação do Parecer: 7.508.791

Fontes de Energias Renováveis, inserido nas aulas de eletricidade e eletromagnetismo. O curso irá explorar a transformação de energia elétrica por meio da indução eletromagnética, com um foco especial em fontes de energia sustentáveis e renováveis. As atividades ocorrerão ao longo de 10 horas-aula, distribuídas em encontros vespertinos, com uma combinação de momentos teóricos em sala de aula e práticas em laboratório. Os participantes selecionados são alunos dos cursos técnicos em Edificações, Mecânica e Química, escolhidos com base em conhecimentos prévios adequados ao semestre em curso. Foram excluídos alunos dos cursos técnicos integrados em Eletrotécnica, Mecânica, Telecomunicações e Informática por terem contato com conteúdos de especificidades técnicas similares ao assunto de Física em semestres anteriores. Essa seleção busca minimizar favorecimentos na compreensão do conteúdo, assegurando maior precisão nos dados, o que é fundamental para a confiabilidade do estudo de caso. A prática será intensificada por meio de experimentação e da apresentação do artefato, promovendo a interação entre conceitos teóricos e suas aplicações práticas.

Critério de Inclusão: Alunos do 4º semestre do técnico integrado em Química do IFCE - campus Fortaleza.

Critério de Exclusão: Alunos que não fazem parte do curso de Química do 4º semestre.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Identificar as contribuições da abordagem STEAM no ensino de física, com ênfase na contextualização socioambiental da transformação de energia mecânica em energia elétrica por meio da indução eletromagnética e o uso de energias renováveis.

Objetivo Secundário: Diagnosticar os conhecimentos prévios e adquiridos dos alunos sobre a indução eletromagnética, com ênfase em sua aplicação na produção, distribuição e consumo de energia elétrica. Desenvolver atividades interdisciplinares que ilustrem e simplifiquem a compreensão dos princípios da indução eletromagnética e suas aplicações práticas no cotidiano. Avaliar as contribuições da abordagem STEAM e da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) para fomentar uma aprendizagem significativa.

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE**



Continuação do Parecer: 7.508.791

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Desconfortos por não aprender o conteúdo estudado de indução eletromagnética e fontes de energia renováveis ou algo similar. Na elaboração do aerogerador em miniatura, alguns riscos envolvem o uso de materiais cortantes, como facas e tesouras, o que pode causar cortes. Para evitar, recomenda-se o uso de luvas de proteção e ferramentas apropriadas. Há também o risco de queimaduras com cola quente, que pode ser prevenido com cuidado ao manusear a pistola de cola. Além disso, a conexão elétrica do motor e LED pode gerar choques ou curto-circuitos, sendo importante garantir o isolamento dos cabos e desconectar o sistema ao realizar ajustes. O derramamento de água e quedas de objetos podem ser evitados com um local de trabalho organizado e uma estrutura firme. Por fim, peças mal fixadas devem ser verificadas antes do funcionamento para prevenir acidentes.

Benefícios: Uma aprendizagem mais consolidada acerca de indução eletromagnética, especialmente na transformação de energia em fontes de energia renováveis, e das relações de reflexão que os conteúdos de aspecto científico e tecnológico possibilitam fornecer aos estudantes.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pesquisa de pós-graduação do curso de mestrado em ensino de ciências e matemática, campus Fortaleza, do Instituto Federal do Ceará.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Constam os termos obrigatórios: Folha de rosto, Informações básicas do projeto, Orçamento, Cronograma, Declaração de compromisso de apresentação dos resultados, Declaração de garantia do regresso de benefícios da pesquisa, Termo de autorização e de existência de infraestrutura, Questionário e Termo de consentimento livre e esclarecido e Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. Constam ainda os Apêndices A, B, C, D, E, F, G, H e I.

Recomendações:

Sem recomendações.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Sem pendências.

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

UF: CE

Município: FORTALEZA

CEP: 60.410-426

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ - IFCE



Continuação do Parecer: 7.508.791

Considerações Finais a critério do CEP:

Parecer consubstanciado de aprovação disponível na pasta (ou diretório) *¿Pareceres¿*.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_2434258.pdf	01/04/2025 19:57:04		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	2_TERMOS_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO.docx	01/04/2025 19:54:59	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	1_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO.docx	01/04/2025 19:53:29	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	3_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO.docx	01/04/2025 19:53:03	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Cronograma	PREVISAO_DO_CRONOGRAMA_DE_EXECUCAO.pdf	01/04/2025 19:50:30	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	2_TERMOS_DE_ASSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_DO_RESPONSAVEL_PEL_ESTUDANTE_PARA_PARTICIPACAO_NA_PESQUISA_Versao_final.docx	24/02/2025 19:28:22	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	2_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_DO_RESPONSAVEL_PEL_ESTUDANTE_PARA_PARTICIPACAO_NA_PESQUISA_Versao_final.docx	06/02/2025 14:17:05	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	2_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_DO_RESPONSAVEL_PEL_ESTUDANTE_PARA_PARTICIPACAO_NA_PESQUISA.docx	13/01/2025 11:25:21	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	2_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_DO_RESPONSAVEL_PEL_ESTUDANTE_PARA_PARTICIPACAO_NA_PESQUISA.docx	19/12/2024 13:35:58	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	DECLARACAO_DE_GARANTIA_DE_REGRESSO_DOS_BENEFICIOS_DA_PESQUISA assinado assinado.pdf	17/12/2024 21:53:54	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE**



Continuação do Parecer: 7.508.791

Outros	DECLARACAO_DE_COMPROMISSO_DE_APRESENTACAO_DOS_RESULTADOS assinado assinado.pdf	17/12/2024 21:53:28	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Infraestrutura assinado.pdf	17/12/2024 21:51:51	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_I.docx	17/12/2024 21:50:59	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_H.docx	17/12/2024 21:50:39	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_G.docx	17/12/2024 21:50:21	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_F.docx	17/12/2024 21:50:05	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_E.docx	17/12/2024 21:49:44	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_D.docx	17/12/2024 21:49:26	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_C.docx	17/12/2024 21:49:03	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_B.docx	17/12/2024 21:48:43	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Outros	APENDICE_A.docx	17/12/2024 21:46:34	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	CEP_Projeto_Dissertacao.docx	17/12/2024 21:41:53	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Orçamento	ORCAMENTO assinado assinado.pdf	17/12/2024 21:40:23	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Cronograma	PREVISAO_DO_CRONOGRAMA_DE_EXECUCAO assinado assinado.pdf	17/12/2024 21:40:03	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	3_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_DO_ESTUDANTE_PARA_PARTICIPACAO_NA_PESQUISA.docx	17/12/2024 21:39:43	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	2_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_DO_PROFESSOR_REGENTE_PARA_PARTICIPACAO_NA_PESQUISA.docx	17/12/2024 21:39:15	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	1_TERMOS_DE_CONSENTIMENTO_LIVRE_E_ESCLARECIDO_DO_ESTUDANTE_PARA_PARTICIPACAO_NA_PESQUISA.docx	17/12/2024 21:38:31	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rostoassinada.pdf	17/12/2024 21:35:10	WEFITON SOUSA ROCHA	Aceito

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO CEARÁ -
IFCE



Continuação do Parecer: 7.508.791

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

FORTALEZA, 15 de Abril de 2025

Assinado por:

Luiz Torres Raposo Neto
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Jorge Dumar, nº 1703

Bairro: Jardim América

CEP: 60.410-426

UF: CE

Município: FORTALEZA

Telefone: (85)3401-2332

E-mail: cep@ifce.edu.br

ANEXO B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO(A) ESTUDANTE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

A ABORDAGEM STEAM NO ENSINO DE FÍSICA COM FOCO NA PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL E OS ESTUDOS SOBRE A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO

WEFITON SOUSA ROCHA

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Assentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

A transição energética para fontes renováveis é um tema central no cenário global atual. No Brasil, com sua ampla diversidade de fontes de energia renovável, como a hidrelétrica, oceânica, biomassa e eólica, é essencial que os estudantes compreendam não apenas os aspectos físicos e técnicos dessas fontes, mas também as implicações sociais e ambientais envolvidas. A combinação das abordagens STEAM e ABP, aliada à inserção de perspectivas socioambientais, oferece uma metodologia rica para explorar essas interconexões de maneira prática e interdisciplinar, além de aplicar o contexto tecnológico, industrial e social no estado do Ceará.

O objetivo geral é identificar as contribuições da abordagem STEAM no ensino de física, com ênfase na contextualização socioambiental da transformação de energia mecânica em energia elétrica por meio da indução eletromagnética em fontes de energia renováveis. Os objetivos específicos: diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a indução eletromagnética, com ênfase em sua aplicação na produção, distribuição e consumo de energia elétrica; desenvolver atividades interdisciplinares que ilustrem e simplifiquem a compreensão dos princípios da indução eletromagnética e suas aplicações práticas no cotidiano; avaliar as contribuições das abordagens STEAM e Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) para fomentar uma aprendizagem significativa.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a aprender o assunto de indução eletromagnética da disciplina de Eletromagnetismo, particularmente através de um estudo de caso sobre fontes renováveis de energia que utilizam a indução eletromagnética, bem como a responder sete (08) questionários que, após entregues, deverão ser preenchidos em até uma hora para cada um deles:

Pré-teste de conhecimento;

Caracterização social discente e a aprendizagem em física;

Atividade prática;

Pós-teste de conhecimento;

Questionário de satisfação e aprendizagens desenvolvidas.

Os alunos serão avaliados em grupos pelo pesquisador durante as atividades realizadas.

Rubrica de avaliação do artefato;

Rubrica de autoavaliação sobre a atividade do artefato desenvolvida.

A intervenção consistirá em 7 aulas elaboradas a partir do conteúdo de indução eletromagnética e fontes de energia renováveis, a elaboração de um projeto pelos estudantes e a apresentação do artefato.

As atividades serão desenvolvidas em três fases:

- Na 1ª fase, será apresentado os impactos sociais e ambientais da produção de energia elétrica no Brasil, além de questionamentos sobre fontes renováveis
- Na 2ª fase, serão abordados os conceitos físicos da indução eletromagnética (Lei de Faraday) e suas aplicações no cotidiano.
- Na 3ª fase, confeccionarão um aparato experimental e realizarão práticas experimentais sobre a transformação de energia. As equipes concluirão seus materiais para a apresentação de projetos. Esta etapa corresponde à elaboração e criação.
- A 4ª fase corresponde à avaliação da aprendizagem e reflexão, com a aplicação da rubrica de autoavaliação, avaliação final sobre indução eletromagnética e aplicação de um questionário docente para avaliar o aprendizado dos estudantes.

Todas as informações coletadas nos questionários e rubricas serão digitalizadas e armazenadas em um dispositivo eletrônico local dos pesquisadores com o prazo mínimo de cinco anos após o término da pesquisa, podendo, desse modo, ser consultadas a qualquer tempo que o Comitê de Ética do IFCE achar devido.

Desconfortos e riscos:

Você **não** deve participar deste estudo se não estiver totalmente confortável e ciente dos conteúdos, postulados teóricos, motivadores da investigação ou qualquer influência que isso poderá implicar a sua personalidade emocional/religiosa ou a qualquer outro parâmetro de sua relevância. Os pesquisadores esclarecem que os únicos riscos possíveis envolvem desconfortos por não aprender o conteúdo estudado de indução eletromagnética e fontes de energia renováveis ou algo similar.

Na elaboração do artefato, alguns riscos envolvem o uso de materiais cortantes, como facas e tesouras, o que pode causar cortes. Para evitar, recomenda-se o uso de luvas de proteção e ferramentas apropriadas. Há também o risco de queimaduras com cola quente, que pode ser prevenido com cuidado ao manusear a pistola de cola. Além disso, a conexão elétrica do motor e LED pode gerar choques ou curto-circuitos, sendo importante garantir o isolamento dos cabos e desconectar o sistema ao realizar ajustes. O derramamento de água e quedas de objetos podem ser evitados com um local de trabalho organizado e uma estrutura firme. Por fim, peças mal fixadas devem ser verificadas antes do funcionamento para prevenir acidentes.

Benefícios:

Os benefícios deste estudo serão uma aprendizagem mais consolidada acerca de indução eletromagnética, especialmente na transformação de energia em fontes de energia renováveis, e das relações de reflexão que os conteúdos de aspecto científico e tecnológico possibilitam fornecer aos estudantes.

Acompanhamento e assistência:

Os pesquisadores oferecerão pronta assistência aos sujeitos da pesquisa caso sejam detectados, durante a participação, situações que indiquem a necessidade de uma intervenção médica, pedagógica, psicológica, dentre outras.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e Indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Wefiton Sousa Rocha, Diretoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, (85) 99831-4835, wefiton.sousa.rocha07@aluno.ifce.edu.br ou Mairton Cavalcante Romeu, Diretoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, (85) 3307-4020, mairton.cavalcante@ifce.edu.br.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

e-mail (opcional):

(Assinatura do participante ou nome e assinatura do seu RESPONSÁVEL LEGAL)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências das Resoluções nos 466, de 12 de dezembro de 2012, e 510, de 07 de abril de 2016, e Norma Operacional no 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), bem como de complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante. exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a): Wefiton Sousa Rocha

[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____/____/____.

ANEXO C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO(A) RESPONSÁVEL PELO(A) ESTUDANTE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

A ABORDAGEM STEAM NO ENSINO DE FÍSICA COM FOCO NA PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL E OS ESTUDOS SOBRE A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO

WEFITON SOUSA ROCHA

O menor sob sua responsabilidade está sendo convidado a ser voluntário de uma pesquisa do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PGECM) do Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia do Ceará – *Campus* Fortaleza. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) do(a) responsável pelo(a) estudante, assegura os direitos do participante nesta pesquisa e é elaborado em duas vias, uma que ficará com o(a) responsável pelo(a) estudante e outra com o pesquisador responsável.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador responsável. Se preferir, pode levar este termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não autorizar o(a) estudante a participar ou retirar sua autorização em qualquer momento da pesquisa.

Justificativa e objetivos:

A transição energética para fontes renováveis é um tema central no cenário global atual. No Brasil, com sua ampla diversidade de fontes de energia renovável, como a hidrelétrica, oceânica, biomassa e eólica, é essencial que os estudantes compreendam não apenas os aspectos físicos e técnicos dessas fontes, mas também as implicações sociais e ambientais envolvidas. A combinação das abordagens STEAM e ABP, aliada à inserção de perspectivas socioambientais, oferece uma metodologia rica para explorar essas interconexões de maneira prática e interdisciplinar, além de aplicar o contexto tecnológico, industrial e social no estado do Ceará.

O objetivo geral é identificar as contribuições da abordagem STEAM no ensino de física, com ênfase na contextualização socioambiental da transformação de energia mecânica em energia elétrica por meio da indução eletromagnética em fontes de energia renováveis. Os objetivos específicos: diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a indução eletromagnética, com ênfase em sua aplicação na produção, distribuição e consumo de energia elétrica; desenvolver atividades interdisciplinares que ilustrem e simplifiquem a compreensão dos princípios da indução eletromagnética e suas aplicações práticas no cotidiano; avaliar as contribuições das abordagens STEAM e Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) para fomentar uma aprendizagem significativa.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a aprender o assunto de indução eletromagnética da disciplina de Eletromagnetismo, particularmente através de um estudo de

caso sobre fontes renováveis de energia que utilizam a indução eletromagnética, bem como a responder sete (08) questionários que, após entregues, deverão ser preenchidos em até uma hora para cada um deles:

Pré-teste de conhecimento;

Caracterização social discente e a aprendizagem em física;

Atividade prática;

Pós-teste de conhecimento;

Questionário de satisfação e aprendizagens desenvolvidas.

Os alunos serão avaliados em grupos pelo pesquisador durante as atividades realizadas.

Rubrica de avaliação do artefato;

Rubrica de autoavaliação sobre a atividade do artefato desenvolvida.

A intervenção consistirá em 7 aulas elaboradas a partir do conteúdo de indução eletromagnética e fontes de energia renováveis, a elaboração de um projeto pelos estudantes e a apresentação do artefato.

As atividades serão desenvolvidas em três fases:

- Na 1ª fase, será apresentado os impactos sociais e ambientais da produção de energia elétrica no Brasil, além de questionamentos sobre fontes renováveis
- Na 2ª fase, serão abordados os conceitos físicos da indução eletromagnética (Lei de Faraday) e suas aplicações no cotidiano.
- Na 3ª fase, confeccionarão um aparato experimental e realizarão práticas experimentais sobre a transformação de energia. As equipes concluirão seus materiais para a apresentação de projetos. Esta etapa corresponde à elaboração e criação.
- A 4ª fase corresponde à avaliação da aprendizagem e reflexão, com a aplicação da rubrica de autoavaliação, avaliação final sobre indução eletromagnética e aplicação de um questionário docente para avaliar o aprendizado dos estudantes.

Todas as informações coletadas nos questionários e rubricas serão digitalizadas e armazenadas em um dispositivo eletrônico local dos pesquisadores com o prazo mínimo de cinco anos após o término da pesquisa, podendo, desse modo, ser consultadas a qualquer tempo que o Comitê de Ética do IFCE achar devido.

Desconfortos e riscos:

Você **não** deverá autorizar a participação do estudante neste estudo se não estiver totalmente confortável e ciente dos conteúdos, postulados teóricos, motivadores da investigação ou qualquer influência que isso poderá implicar na personalidade emocional/religiosa ou a qualquer outro parâmetro de relevância para o estudante. Os pesquisadores esclarecem que os únicos riscos possíveis envolvem desconfortos por não aprender o conteúdo estudado de indução eletromagnética e fontes de energia renováveis ou algo similar.

Na elaboração do artefato, alguns riscos envolvem o uso de materiais cortantes, como estiletes e tesouras, o que pode causar cortes. Para evitar, recomenda-se o uso de luvas de proteção e ferramentas apropriadas. Há também o risco de queimaduras com cola quente, que pode ser prevenido com cuidado ao manusear a pistola de cola. Além disso, a conexão elétrica do motor e LED pode esquentar, mas não oferecendo risco de choque, sendo importante garantir o isolamento dos cabos e desconectar o sistema ao realizar ajustes. A perda e quedas de objetos podem ser evitados com um local de trabalho organizado e uma estrutura firme. Por fim, peças mal fixadas devem ser verificadas antes do funcionamento para prevenir acidentes.

Benefícios:

Os benefícios deste estudo serão uma aprendizagem mais consolidada acerca de indução eletromagnética, especialmente na transformação de energia em fontes de energia renováveis, e das relações de reflexão que os conteúdos de aspecto científico e tecnológico possibilitam fornecer aos estudantes.

Acompanhamento e assistência:

Os pesquisadores oferecerão pronta assistência aos sujeitos da pesquisa caso sejam detectados, durante a participação, situações que indiquem a necessidade de uma intervenção médica, pedagógica, psicológica, dentre outras.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade e do estudante sob sua responsabilidade serão mantidas em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome e do estudante não serão citados.

Ressarcimento e indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Wefiton Sousa Rocha, Diretoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, (85) 99831-4835, wefiton.sousa.rocha07@aluno.ifce.edu.br ou Mairton Cavalcante Romeu, Diretoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, (85) 3307-4020, mairton.cavalcante@ifce.edu.br.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, autorizo a participação do(a) estudante e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

e-mail (opcional):

(Assinatura do Responsável pelo participante)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências das Resoluções nos 466, de 12 de dezembro de 2012, e 510, de 07 de abril de 2016, e Norma Operacional no 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), bem como de complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante. exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a): Wefiton Sousa Rocha

[Assinatura do pesquisador]

Data: ____/____/____.

ANEXO D – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO(A) PROFESSOR(A) REGENTE PARA PARTICIPAÇÃO NA PESQUISA

A ABORDAGEM STEAM NO ENSINO DE FÍSICA COM FOCO NA PERSPECTIVA SOCIOAMBIENTAL E OS ESTUDOS SOBRE A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA EM FONTES DE ENERGIA RENOVÁVEIS NO ENSINO MÉDIO TÉCNICO

WEFITON SOUSA ROCHA

Você está sendo convidado a participar como voluntário de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar seus direitos como participante e é elaborado em duas vias, uma que deverá ficar com você e outra com o pesquisador.

Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com o pesquisador. Se preferir, pode levar este Termo para casa e consultar seus familiares ou outras pessoas antes de decidir participar. Não haverá nenhum tipo de penalização ou prejuízo se você não aceitar participar ou retirar sua autorização em qualquer momento.

Justificativa e objetivos:

A transição energética para fontes renováveis é um tema central no cenário global atual. No Brasil, com sua ampla diversidade de fontes de energia renovável, como a hidrelétrica, oceânica, biomassa e eólica, é essencial que os estudantes compreendam não apenas os aspectos físicos e técnicos dessas fontes, mas também as implicações sociais e ambientais envolvidas. A combinação das abordagens STEAM e ABP, aliada à inserção de perspectivas socioambientais, oferece uma metodologia rica para explorar essas interconexões de maneira prática e interdisciplinar, além de aplicar o contexto tecnológico, industrial e social no estado do Ceará.

O objetivo geral é identificar as contribuições da abordagem STEAM no ensino de física, com ênfase na contextualização socioambiental da transformação de energia mecânica em energia elétrica por meio da indução eletromagnética em fontes de energia renováveis. Os objetivos específicos: diagnosticar os conhecimentos prévios dos alunos sobre a indução eletromagnética, com ênfase em sua aplicação na produção, distribuição e consumo de energia elétrica; desenvolver atividades interdisciplinares que ilustrem e simplifiquem a compreensão dos princípios da indução eletromagnética e suas aplicações práticas no cotidiano; avaliar as contribuições das abordagens STEAM e Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) para fomentar uma aprendizagem significativa.

Procedimentos:

Participando do estudo você está sendo convidado a contribuir com o assunto de indução eletromagnética da disciplina de Física, particularmente através de um estudo de caso sobre fontes renováveis de energia que utilizam a indução eletromagnética, bem como a responder um (01) questionário que, após entregue, deverá ser preenchido em até uma hora: Questionário docente sobre a atividade e as aprendizagens dos estudantes;

A intervenção consistirá em 7 aulas elaboradas a partir do conteúdo de indução eletromagnética e fontes de energia renováveis, a elaboração de um projeto pelos estudantes e a apresentação do artefato.

As atividades serão desenvolvidas em três fases:

- Na 1ª fase, será apresentado os impactos sociais e ambientais da produção de energia elétrica no Brasil, além de questionamentos sobre fontes renováveis
- Na 2ª fase, serão abordados os conceitos físicos da indução eletromagnética (Lei de Faraday) e suas aplicações no cotidiano.
- Na 3ª fase, confeccionarão um aparato experimental e realizarão práticas experimentais sobre a transformação de energia. As equipes concluirão seus materiais para a apresentação de projetos. Esta etapa corresponde à elaboração e criação.
- A 4ª fase corresponde à avaliação da aprendizagem e reflexão, com a aplicação da rubrica de autoavaliação, avaliação final sobre indução eletromagnética e aplicação de um questionário docente para avaliar o aprendizado dos estudantes.

Todas as informações coletadas nos questionários e rubricas serão digitalizadas e armazenadas em um dispositivo eletrônico local dos pesquisadores com o prazo mínimo de cinco anos após o término da pesquisa, podendo, desse modo, ser consultadas a qualquer tempo que o Comitê de Ética do IFCE achar devido.

Desconfortos e riscos:

Você **não** deve participar deste estudo se não estiver totalmente confortável e ciente dos conteúdos, postulados teóricos, motivadores da investigação ou qualquer influência que isso poderá implicar a sua personalidade emocional/religiosa ou a qualquer outro parâmetro de sua relevância. Os pesquisadores esclarecem que os únicos riscos possíveis envolvem desconfortos por não aprender o conteúdo estudado de indução eletromagnética e fontes de energia renováveis ou algo similar.

Na elaboração do artefato, alguns riscos envolvem o uso de materiais cortantes, como facas e tesouras, o que pode causar cortes. Para evitar, recomenda-se o uso de luvas de proteção e ferramentas apropriadas. Há também o risco de queimaduras com cola quente, que pode ser prevenido com cuidado ao manusear a pistola de cola. Além disso, a conexão elétrica do motor e LED pode gerar choques ou curto-circuitos, sendo importante garantir o isolamento dos cabos e desconectar o sistema ao realizar ajustes. O derramamento de água e quedas de objetos podem ser evitados com um local de trabalho organizado e uma estrutura firme. Por fim, peças mal fixadas devem ser verificadas antes do funcionamento para prevenir acidentes.

Benefícios:

Os benefícios deste estudo serão uma aprendizagem mais consolidada acerca de indução eletromagnética, especialmente na transformação de energia em fontes de energia renováveis, e das relações de reflexão que os conteúdos de aspecto científico e tecnológico possibilitam fornecer aos estudantes.

Acompanhamento e assistência:

Os pesquisadores oferecerão pronta assistência aos sujeitos da pesquisa caso sejam detectados, durante a participação, situações que indiquem a necessidade de uma intervenção médica, pedagógica, psicológica, dentre outras.

Sigilo e privacidade:

Você tem a garantia de que sua identidade será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, seu nome não será citado.

Ressarcimento e Indenização:

Você terá direito ao ressarcimento das despesas diretamente decorrentes de sua participação na pesquisa e à indenização pelos danos resultantes desta, nos termos da Lei.

Contato:

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com os pesquisadores Wefiton Sousa Rocha Diretoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, (85) 99831-4835, wefiton.sousa.rocha07@aluno.ifce.edu.br ou Mairton Cavalcante Romeu, Diretoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação, Av. Treze de Maio, 2081 - Benfica, Fortaleza - CE, (85) 3307-4020, mairton.cavalcante@ifce.edu.br.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre sua participação e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretaria do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) do IFCE das 08:00hs às 12:00hs e das 13:00hs às 17:00hs no IFCE Reitoria - R. Jorge Dumar, 1703 - Jardim América, Fortaleza - CE, 60410-426; fone (85) 34012332 e-mail: cep@ifce.edu.br

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter recebido esclarecimentos sobre a natureza da pesquisa, seus objetivos, métodos, benefícios previstos, potenciais riscos e o incômodo que esta possa acarretar, aceito participar e declaro estar recebendo uma via original deste documento assinada pelo pesquisador e por mim, tendo todas as folhas por nós rubricadas:

Nome do(a) participante:

Contato telefônico (opcional):

e-mail (opcional):

(Assinatura do participante)

Data: ____/____/____.

Responsabilidade do Pesquisador:

Asseguro ter cumprido as exigências das Resoluções nos 466, de 12 de dezembro de 2012, e 510, de 07 de abril de 2016, e Norma Operacional no 001/2013, pelo Conselho Nacional de Saúde (CNS), bem como de complementares na elaboração do protocolo e na obtenção deste Termo de Assentimento Livre e Esclarecido. Asseguro, também, ter explicado e fornecido uma via deste documento ao participante. Informo que o estudo foi aprovado pelo CEP perante o

qual o projeto foi apresentado. Comprometo-me a utilizar o material e os dados obtidos nesta pesquisa exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante. exclusivamente para as finalidades previstas neste documento ou conforme o consentimento dado pelo participante.

Nome do(a) pesquisador(a): Wefiton Sousa Rocha

[Assinatura do(a) pesquisador(a)]

Data: ____ / ____ / ____.