



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física  
Sociedade Brasileira de Física  
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense

**Pedro Augusto do Amaral Moreira Mancini Moll**

**Uma abordagem investigativa utilizando acontecimentos do Mangá (Dr. Stone) para ensinar tópicos de Eletromagnetismo no Ensino Médio**

Campos dos Goytacazes/RJ  
2023



INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
FLUMINENSE



Pedro Augusto do Amaral Moreira Mancini Moll

## Uma abordagem investigativa utilizando acontecimentos do Mangá (Dr. Stone) para ensinar tópicos de Eletromagnetismo no Ensino Médio

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es): Tiago Destéffani Admiral

Campos dos Goytacazes/RJ  
2023

**Biblioteca**  
**CIP - Catalogação na Publicação**

M726a Moll, Pedro Augusto do Amaral Moreira Mancini  
Uma abordagem investigativa utilizando acontecimentos do Mangá (Dr. Stone) para ensinar tópicos de Eletromagnetismo no Ensino Médio / Pedro Augusto do Amaral Moreira Mancini Moll - 2024.  
210 f.: il. color.

Orientador: Tiago Desteffani Admiral

Dissertação (mestrado) -- Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, Campus Campos Centro, Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Anton Dakitsch, RJ, 2024.  
Referências: f. .

1. Ensino de Física. 2. Sequência de Ensino Investigativa . 3. Instrução pelos Colegas. 4. Mangás e Animes. I. Admiral , Tiago Desteffani, orient.  
II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da Biblioteca do IFF  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).


Uma abordagem investigativa utilizando acontecimentos do Mangá (Dr. Stone) para ensinar tópicos de Eletromagnetismo no Ensino Médio

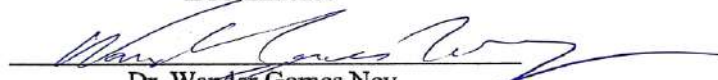
Pedro Augusto do Amaral Moreira Mancini Moll

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 11 de dezembro de 2023

Banca Examinadora:

  
Dr.<sup>a</sup> Cassiana Barreto Hygino Machado  
IFFluminense

  
Dr. Wander Gomes Ney  
IFFluminense

  
Dr. Marcelo Shoeby de Oliveira Massunaga  
UENF

  
Dr. Tiago Desteffani Admiral  
Presidente e Orientador da Banca Examinadora  
IFFluminense



“Você pode alcançar qualquer coisa através da aplicação diligente da ciência.”

Senku Ishigami.

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Agradeço primeiramente à minha família, principalmente aos meus pais, Roberto e Fabine, pela criação e pelo constante apoio na minha formação profissional e pessoal, sempre me apoiando e exaltando minhas escolhas. Aos meus irmãos, Betina e João Gabriel, por serem meu elo de união, o que me mantém sempre com a mente tranquila para realizar qualquer uma das minhas ações. À minha esposa, Nayara, que sempre me apoiou de forma incondicional e me dá forças para sonhar e construir caminhos, sendo o meu porto seguro para qualquer adversidade.

Aos meus colegas de profissão, em especial aos meus amigos Olivier Jr. e Pedro Ariston, que estão na luta junto comigo nesse desafio na educação e me incentivam a ser um melhor profissional. Além disso, agradeço a todos os colegas e amigos que estiveram comigo durante a graduação e no mestrado.

Aos meus professores da UENF que participaram de uma parte da jornada que me permitiu chegar até aqui, especialmente aos professores Marcelo Shoey e André Guimarães, que foram meus orientadores de iniciação científica. Aprendi muito sobre pesquisa e o ambiente acadêmico com eles, uma experiência que vou levar para toda a vida.

Aos professores do MNPEF que contribuíram com as aulas do mestrado, mesmo em um momento tão difícil de pandemia. Quero destacar o meu orientador, Tiago, que além de me ajudar na dissertação, foi uma das pessoas que me inspiraram, após o ensino médio, a seguir na área de educação e fazer licenciatura em física. Também agradeço à professora Cassiana, que disponibilizou a sua turma para a aplicação deste projeto e esteve sempre presente para ajudar.

A todos os meus amigos, que de alguma forma me ajudam e me apoiam nessa caminhada. Destaco principalmente o meu amigo Luciano Arthuri, meu treinador e amigo, que sempre me incentivou a melhorar minha saúde, e graças a ele, consigo ter uma vida mais produtiva e estar escrevendo este agradecimento.

Às minhas cachorras, Aurora, Amora e Leia, por me mostrarem, nestes últimos anos, um tipo de amor incondicional e trazerem alegria a todo momento.

Por fim, às minhas avós, Ângela e Maria José, que não estão mais aqui comigo de corpo, mas estão presentes no meu coração. Devo tudo a vocês. Continuem me guardando aí de cima que continuarei cuidando de todos aqui embaixo. Sou o que sou graças a vocês.

## RESUMO

Uma abordagem investigativa utilizando acontecimentos do Mangá (Dr. Stone) para ensinar tópicos de Eletromagnetismo no Ensino Médio

Autor: Pedro Augusto do Amaral Moreira Mancini Moll

Orientador: Tiago Destéffani Admiral

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

O processo de investigação é extremamente importante para a consolidação do conhecimento científico. Pensando em trazer as motivações que levaram aos primórdios do pensamento científico e crítico para dentro da sala de aula, o presente trabalho atuou com foco no Ensino por Investigação para esquematizar uma sequência de aulas dentro do conteúdo de Eletromagnetismo. Para criar um ambiente instigador para o processo investigativo, foi utilizada como abordagem lúdica a série de mangá e sua adaptação animada, mais especificamente "Dr. Stone", para elucidar algumas situações-problema e desenvolver atividades demonstrativas de cunho investigativo. A estrutura de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) foi empregada para elaboração de um produto educacional, buscando criar condições na sala de aula para que os alunos pensassem, falassem, lessem e escrevessem sobre ciências, idealizando a Alfabetização Científica. O planejamento das atividades da SEI, embasado na teoria sociocultural de Vygotsky, foi estruturado com o intuito de colocar o aluno no papel do protagonista da série para resolver situações-problema e desenvolver, ao final do processo, um gerador elétrico e um manual de instrução durante um momento denominado "A Oficina do Reino da Ciência". Para facilitar a interação entre os alunos e proporcionar ao professor um constante retorno do processo de aprendizagem, foram utilizados testes conceituais, apoiados no método de Instrução pelos Colegas (IpC) por meio do aplicativo *Plickers*. A aplicação da SEI foi realizada em uma turma do terceiro ano do Ensino Médio e integrou uma pesquisa qualitativa baseada em uma metodologia de Estudo de Caso. Os resultados obtidos indicaram que o uso de recursos lúdicos e instigadores, alicerçados em um ensino por investigação, promoveu um ensino mais dinâmico e participativo, contribuindo para a evolução dos conceitos e terminologias utilizados, principalmente na oficina de criação, na qual os estudantes consolidaram os conceitos aprendidos no bimestre para executar a construção do gerador elétrico e seu manual. O IpC demonstrou eficácia ao envolver os alunos de forma mais ativa no processo de ensino-aprendizagem, facilitando a troca de conceitos e proporcionando um *feedback* para o professor por meio dos testes conceituais. Os resultados estão alinhados com o que é reportado na literatura e indicam que a incorporação de elementos lúdicos e a abordagem investigativa podem ser estratégias valiosas para melhorar o processo de ensino-aprendizagem em Física.

Palavras-chave: Ensino de Física. 2. Sequência de Ensino Investigativa 3. Instrução pelos Colegas 4. Mangás e Animes

## **ABSTRACT**

An investigative approach using Manga events (Dr. Stone) to teach Electromagnetism topics in high school.

Author: Pedro Augusto do Amaral Moreira Mancini Moll

Advisor: Tiago Destéffani Admiral

Master's dissertation presented to the Program of Graduate Studies at the Federal Institute of Education, Science and Technology Fluminense, during Professional Master of Physical Education (MNPEF) as part of the requirements for obtaining the master's degree in physical education.

The research process is extremely important for the consolidation of scientific knowledge. With the aim of bringing the motivations that led to the beginnings of scientific and critical thinking into the classroom, this work focused on Investigation Teaching to outline a sequence of classes within the content of Electromagnetism. To create an instigating environment for the investigative process, a manga series and its animated adaptation were used as a playful approach, more specifically the series "Dr. Stone", to elucidate some problem situations and develop demonstrative activities of an investigative nature. The structure of an Investigative Teaching Sequence (ITS) was employed to develop an educational product, seeking to create conditions in the classroom for students to think, speak, read, and write about science, aiming for Scientific Literacy. The planning of ITS's activities, based on Vygotsky's sociocultural theory, was structured with the aim of placing the student in the role of the protagonist of the series to solve problem situations and develop, at the end of the process, an electric generator and an instruction manual during a moment called "The Kingdom of Science Workshop". To facilitate interaction between students and provide the teacher with constant feedback from the learning process, conceptual tests based on the Peer Instruction (PI) method were used through the Plickers application. The application of ITS was carried out in a class of the third year of High School and was part of a qualitative research based on a Case Study methodology. The results obtained indicated that the use of playful and stimulating resources, grounded in Investigation Teaching, promoted a more dynamic and participatory learning environment, contributing to the development of the concepts and terminology used, especially in the creative workshop, where students solidified the concepts learned during the semester to execute the construction of the electric generator and its manual. The PI proved to be effective in engaging students more actively in the teaching and learning process, facilitating the exchange of concepts, and providing feedback to the teacher through conceptual tests. The results align with what is reported in the literature and suggest that the incorporation of playful elements and the investigative approach can be valuable strategies to enhance the teaching and learning process in Physics.

Keywords: Physics education. 2. Investigative Teaching Sequence 3. Peer Instruction 4. Manga and Anime

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Etapas da aplicação na construção de uma SEI.....	20
<b>Figura 2</b> - Diagrama do processo de implementação do método IpC (Peer Instruction) .....	26
<b>Figura 3</b> - Representação dos domínios magnéticos de um material ferromagnético. ....	30
<b>Figura 4</b> - Relação entre as forças de atração e repulsão dos polos magnéticos. ....	31
<b>Figura 5</b> - Representação da Terra como um grande ímã. ....	32
<b>Figura 6</b> - Figura (a): Representação da bússola em um campo magnético; Figura (b) Vetor campo magnético associado.....	33
<b>Figura 7</b> - Representação das linhas de campo de um ímã em barra.....	33
<b>Figura 8</b> - Regra da mão direita (Regra do Tapa). ....	35
<b>Figura 10</b> - Movimento helicoidal (MCU + MU) de uma carga $q$ em um campo magnético $B$ uniforme com componente de velocidade na direção do campo. ....	38
<b>Figura 11</b> - Figura (a) Condutor percorrido por uma corrente para cima; Figura (b) Condutor percorrido por uma corrente para baixo. ....	39
<b>Figura 12</b> - Representação das direções vetores $FM, L$ e $B$ em um fio retilíneo percorrido por uma corrente.....	41
<b>Figura 13</b> - Campo magnético gerado por um fio retilíneo muito longo ( $L \gg r$ ).....	42
<b>Figura 14</b> - Aspecto das linhas de campo geradas por uma espira circular.....	43
<b>Figura 15</b> - Bobina chata. ....	44
<b>Figura 16</b> - Figura (a) Quando a chave liga/desliga o galvanômetro oscila; Figura (b) Ao aproximar ou afastar o ímã o galvanômetro oscila. ....	45
<b>Figura 17</b> - Figura (a) Componente do vetor $B$ em relação ao vetor normal $N$ ; Figura (b) Vetor $B$ e $N$ paralelos entre si ao longo da superfície. ....	47
<b>Figura 20</b> - Exemplo de um gerador elétrico rotacionado por um agente externo. ....	50
<b>Figura 21</b> - Gráfico da corrente elétrica em função do tempo. ....	50
<b>Figura 23</b> - Momentos do mangá de "Dr. Stone" onde os personagens conquistam alguns materiais em busca da energia elétrica. ....	54
<b>Figura 24</b> - Gerador elétrico construído no anime de Dr. Stone. ....	55
<b>Figura 25</b> - Estrutura geral da SEI.....	58
<b>Figura 26</b> - Exemplo de QR CODE do aplicativo Plickers.....	63
<b>Figura 27</b> - Resumo de como usar o aplicativo Plickers. ....	64
<b>Figura 28</b> - Resumo do método da análise de conteúdo.....	67
<b>Figura 29</b> - Processos demonstrado no anime Dr. Stone para produzir eletricidade.....	69
<b>Figura 31</b> - Exemplo do experimento de Oersted .....	73
<b>Figura 32</b> - Vídeo "COMO É FEITO UM IMÃ" do canal Manual do Mundo. ....	74
<b>Figura 38</b> - Vídeo mostrando o funcionamento da usina de Itaipu. ....	81
<b>Figura 40</b> - Tópicos para a elaboração do manual do gerador elétrico. ....	83
<b>Figura 43</b> - Alunos participando da demonstração do experimento com a limalha de ferro.....	90
<b>Figura 44</b> - Distribuição da votação: Teste Conceitual 01 .....	92
<b>Figura 45</b> - Distribuição da votação: Teste Conceitual 02 .....	93
<b>Figura 46</b> - Distribuição da votação: Teste Conceitual 03 .....	94
<b>Figura 49</b> - Exercício feito durante a aula sobre a "regra do tapa" .....	104
<b>Figura 50</b> - Resultados da votação testes conceituais aula 02.....	105
<b>Figura 51</b> - Distribuição da votação: Teste Conceitual 04 .....	105
<b>Figura 52</b> - Distribuição da votação: Teste Conceitual 05 .....	106

<b>Figura 53</b> - Distribuição da votação: Teste Conceitual 06 .....	108
<b>Figura 55</b> - Resultados da votação testes conceituais aula 03.....	111
<b>Figura 56</b> - Distribuição da votação: Teste Conceitual 08 .....	112
<b>Figura 59</b> - Experimento do anel de Thomson sendo realizado.....	119
<b>Figura 64</b> - Atividade de Mangás: Grupo 03.....	124
<b>Figura 65</b> - Distribuição percentual de acertos: Lista 03. ....	126
<b>Figura 67</b> - Instruções da montagem do gerador: Grupo 01.....	129
<b>Figura 68</b> - Instruções da montagem do gerador: Grupo 02.....	129
<b>Figura 69</b> - Instruções da utilização do gerador: Grupo 01 .....	130

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Revisão bibliográfica de artigos científicos sobre a SEI.....	22
<b>Tabela 2</b> - As quatro equações de Maxwell na forma integral e diferencial. ....	28
<b>Tabela 3</b> - Dados gerais da sequência didática.....	68
<b>Tabela 4</b> - Documentos retirados da aplicação do produto. ....	85
<b>Tabela 5</b> - Resultados da votação testes conceituais aula 01.....	91
<b>Tabela 6</b> - Respostas referentes a questão 01 do questionário .....	97
<b>Tabela 7</b> - Respostas referentes a questão 02 do questionário .....	97
<b>Tabela 8</b> - Respostas referentes a questão 03 do questionário .....	98
<b>Tabela 9</b> - Respostas referentes a questão 04 do questionário .....	99
<b>Tabela 10</b> - Respostas referentes a questão 05 do questionário .....	100
<b>Tabela 11</b> - Respostas referentes a questão 06 do questionário .....	101
<b>Tabela 12</b> - Respostas referentes a questão 07 do questionário. ....	115
<b>Tabela 13</b> - Respostas referentes a questão 08 do questionário. ....	116
<b>Tabela 14</b> - Respostas referentes a questão 09 do questionário. ....	117
<b>Tabela 15</b> - Distribuição dos grupos para a atividade de mangás. ....	121
<b>Tabela 16</b> - Transcrição dos diálogos: Grupo 01.....	122
<b>Tabela 17</b> - Transcrição dos diálogos: Grupo 02.....	123
<b>Tabela 18</b> - Transcrição dos diálogos: Grupo 03.....	124
<b>Tabela 19</b> - Respostas referentes a questão 10 do questionário. ....	126

## **LISTA DE SIGLAS**

**AMV** – Anime Music Video;

**BNCC** – Base Nacional Comum Curricular;

**CAPES** - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior;

**ENEM** – Exame Nacional do Ensino Médio;

**IpC** – Instrução pelos Colegas;

**OCDE** – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico;

**PI** – Peer Instruction;

**PISA** – Programa Internacional de Avaliação de Alunos;

**SEI** – Sequência de Ensino Investigativa;



## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	16
<b>2.1 O SOCIOCONSTRUTIVISMO DE VYGOTSKY</b> .....	16
2.1.1 VYGOTSKY E A SALA DE AULA.....	17
<b>2.2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO</b> .....	18
2.2.1 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA.....	19
2.2.2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA NO ENSINO DE FÍSICA.....	22
2.2.3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA.....	24
<b>2.3 PEER INSTRUCTION</b> .....	26
2.3.1 TESTES CONCEITUAIS.....	27
<b>2.4 TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO</b> .....	28
2.4.1 O MAGNETISMO.....	29
2.4.2 CAMPO E FORÇA MAGNÉTICA.....	34
2.4.3 FONTES DE CAMPO MAGNÉTICO.....	38
2.4.4 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA.....	45
2.4.5 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	49
<b>2.5 MANGÁS E ANIMES NO ENSINO DE FÍSICA</b> .....	51
2.5.1 MOTIVAÇÕES PARA USAR O MANGÁ/ANIME DR. STONE.....	53
3 METODOLOGIA.....	56
<b>3.1 O ENSINO</b> .....	56
3.1.1 O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO.....	56
3.1.2 A SALA DE AULA.....	58
3.1.3 ROTEIRO DO PRODUTO.....	58
3.1.4 ATIVIDADES INVESTIGATIVAS.....	59
<b>3.2 A PESQUISA</b> .....	61
3.2.1 OS SUJEITOS.....	62
3.2.2 OS INSTRUMENTOS.....	62
3.2.3 ANÁLISE DE DADOS.....	64
4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL.....	68
<b>4.1 BLOCO 1: MAGNETISMO E CAMPO MAGNÉTICO</b> .....	68
<b>4.2 BLOCO 2: FORÇA E GERAÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO</b> .....	72

<b>4.3 BLOCO 3: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E GERAÇÃO DE ENERGIA</b> .....	78
<b>4.4 OFICINA DE CRIAÇÃO</b> .....	82
<b>5 RESULTADOS E DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO</b> .....	85
<b>5.1 SISTEMATIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS ANALISADOS</b> .....	85
<b>5.2 ANÁLISE E DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DAS AULAS</b> .....	87
5.2.1 - AULA 01 – BLOCO 01 – MAGNETISMO E CAMPO MAGNÉTICO .....	87
5.2.3 – AULA 02 – BLOCO 02 – FORÇA MAGNÉTICA .....	101
5.2.4 – AULA 03 – BLOCO 2 – ELETROIMÃS E CAMPO MAGNÉTICO .....	108
5.2.5 – AULA 04 – BLOCO 03 – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA .....	118
5.2.6 – AULA 05 – OFICINA DE CRIAÇÃO .....	127
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	133
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	135
<b>APÊNDICES</b> .....	141
<b>APÊNDICE A – COMO UTILIZAR O APLICATIVO PLICKERS?</b> .....	141
<b>APÊNDICE B - PRODUTO EDUCACIONAL</b> .....	156
<b>ANEXOS</b> .....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em pleno século XXI, em uma época na qual a informação e tecnologia andam de forma conjuntas, o acesso à informação acontece de forma quase imediata e em grande quantidade. Na maior parte das salas de aula, a falta de uso de recursos tecnológicos prevalece de forma majoritária e o professor assume um papel de reproduzir informações e seguir uma aula linear visando uma abordagem mais conteudista. Para Moreira (2010), “no modelo clássico de ensino, independente de o professor escrever no quadro-de-giz, de explicar oralmente, de usar slides PowerPoint, o que ele ou ela faz é narrar”, ou seja, os alunos, na maior parte das vezes, são ouvintes que reproduzem conceitos e informações narrados pelos professores e são motivados a conseguir a média para passar na disciplina, dessa forma, mantém-se uma postura estática e com pouco desenvolvimento do pensamento crítico na sala de aula.

A reflexão dos problemas no ensino de ciência no Brasil fica evidente na transição do Ensino Fundamental para o Ensino Médio, de acordo com resultados recentes do PISA (Programa Internacional de Avaliação de Alunos) em relatório divulgado (OCDE, 2016), a nota média do Brasil em ciências está abaixo da média geral dos países da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico). Em um dos últimos relatórios apresentados pelo INEP (2016), o Brasil apresenta 56,6 % dos estudantes abaixo do nível 2 em ciências, patamar que a OCDE estabelece como o mínimo necessário para que os jovens possam exercer plenamente sua cidadania e, como o PISA avalia estudantes na faixa dos 15 anos de idade, pressupõe-se o encerramento da escolaridade básica no país.

A física é uma ciência de base que tem em suas origens a motivação em entender o funcionamento da natureza e explicar seus fenômenos, sua origem é baseada na observação e na formulação de ideias e teorias, que explicam e andam em conjunto com a evolução tecnológica. Mas por que parece que mesmo tendo uma relação com o dia a dia e as novas tecnologias, os alunos parecem, em sua maioria, não demonstrar interesse na disciplina e apresentar um baixo rendimento em ciências?

No século passado o brilhante físico Richard P. Feynman, ganhador do Prêmio Nobel, ministrou uma série de palestras de física para estudantes que rendeu a publicação de um livro alguns anos depois. No prefácio do seu livro, Feynman faz uma reflexão sobre o problema educacional entre o papel do professor e do aluno:

Acredito, porém, que não há solução para esse problema de ordem educacional, a não ser abrir os olhos para o fato de que o ensino mais adequado só poderá ser levado a cabo nas situações em que houver um relacionamento pessoal direto entre o aluno e o

bom professor – situações nas quais o estudante discuta as ideias, reflita e converse sobre elas. (FEYNMAN, 2008, p. 5).

A inserção de tecnologia na preparação da sequência de aula e uma mudança no paradigma da visão do professor sobre o processo de ensino e aprendizagem parecem convergir para um ponto comum a fim de melhorar sua prática docente e instigar uma maior participação e motivação dos alunos durante as aulas de física.

Visando melhorar a relação entre o professor e aluno e instigar a maior adesão nas aulas de física, as abordagens ativas são alternativas reportadas na literatura para colocar o aluno participando de forma mais direta no seu processo de aprendizagem, na qual, “em suma, metodologias ativas constituem estratégias que possibilitam a realização de atividades nas quais os alunos constroem conhecimento e compreensão.” (STUDART, 2019, p. 2).

Pensando em trazer as motivações que levaram os primórdios do pensamento científico e crítico para dentro da sala de aula, o presente trabalho irá atuar com foco no Ensino por Investigação (CARVALHO, 2013), buscando criar condições na sala de aula para os alunos pensarem, falarem, lerem e escreverem sobre ciências, idealizando a Alfabetização Científica (SASSERON; CARVALHO, 2016), que também aparece em algumas literaturas como Letramento Científico (CUNHA, 2017), sendo a pluralidade das terminologias bastante discutidas no âmbito acadêmico. Recentemente esse termo foi utilizado na introdução do capítulo da área de ciências da natureza do BNCC (Base Nacional Comum Curricular), definindo que:

Diante da diversidade dos usos e da divulgação do conhecimento científico e tecnológico na sociedade contemporânea, torna-se fundamental a apropriação, por parte dos estudantes, de linguagens específicas da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Aprender tais linguagens, por meio de seus códigos, símbolos, nomenclaturas e gêneros textuais, é parte do processo de **letramento científico** necessário a todo cidadão. (BRASIL, p. 551, grifo nosso, 2016)

A criação de um ambiente instigador para motivar o processo de ensino e aprendizagem é indispensável para incluir o aluno de forma mais ativa nas aulas, para isso será utilizado como abordagem lúdica um mangá (história em quadrinhos), mais especificamente a série de Dr. Stone, para elucidar algumas situações problemas e desenvolver atividades demonstrativas de cunho investigativo (GASPAR, MONTEIRO, 2016). A série traz em sua história um personagem cientista e, em diversas situações, utiliza em sua trama de alguns aspectos ligados

à ciência, colocando o interlocutor imerso em uma história com uma linguagem fácil e que tem como público-alvo os jovens, os mesmos que frequentam o Ensino Fundamental e Médio.

Para esquematizar uma sequência de aulas dentro do conteúdo de Eletromagnetismo, com intuito de compreender o processo de funcionamento físico por trás de um gerador e motor elétrico, foi utilizado a estrutura de uma Sequência de Ensino Investigativa ou SEI (CARVALHO, 2011, 2013, 2018), visto que esse conteúdo dá margem para inúmeras situações problemas e aplicações que estão diretamente relacionadas com o cotidiano do aluno. Segundo Carvalho (2013), algumas etapas do raciocínio científico devem estar presentes nas atividades das SEI's, como: a elaboração de testes e hipóteses, a argumentação, a solução do problema produzindo uma explicação para o fenômeno abordado e a construção de um raciocínio proporcional que relacione as variáveis presentes na solução do problema junto com a necessidade da relação de uma nova palavra/conceito. Essas etapas são fundamentais para o desenvolvimento da argumentação científica e do aprender a falar de ciências para a construção de um pensamento crítico por parte do aluno.

Um dos problemas encontrados em uma aula tradicional é que, na maior parte das vezes, o professor não tem uma resposta contínua do processo de aprendizagem da turma e com isso muitos conceitos importantes não são bem estruturados e acabam não sendo bem esclarecidos pelo professor. Uma alternativa para intervir nesse problema e dar ao professor um *feedback* durante sua sequência de aulas é o *Peer Instruction* (PI) ou em tradução livre Instrução pelos Colegas (IpC) (ARAÚJO; MAZUR, 2013), que foi desenvolvida na década passada, pelo Prof. Eric Mazur da Universidade de Harvard (MAZUR, 2015). O método busca promover um maior engajamento e participação dos alunos no seu processo de aprendizagem, podendo-se utilizar de recursos tecnológicos como o aplicativo *Plickers* para mediar as votações de testes conceituais por meio de atividades colaborativas, tornando a sala de aula um ambiente mais dinâmico.

Diante dos pontos colocados, o objeto de pesquisa da presente investigação pode ser explicitado na seguinte pergunta de partida:

**Em que medida um material didático baseado na Sequência de Ensino Investigativa, utilizando acontecimentos de uma história de mangá como mecanismo instigador, favorece a aprendizagem de tópicos de Eletromagnetismo, em nível médio?**

O objetivo geral do trabalho será investigar o potencial de um material didático de cunho investigativo em trabalhar o conteúdo de Eletromagnetismo utilizando uma abordagem de situações problemas com subsídio em uma história de ficção, utilizando sua narrativa como meio instigador.

Como objetivos específicos tem-se: i) Analisar a história e separar os acontecimentos referentes ao tema de eletromagnetismo, ii) elaboração das situações problemas e atividades demonstrativas ou experimentos a serem utilizadas na sequência, iii) preparação dos testes conceituais a serem aplicados durante a sequência de aulas, iv) produzir uma SEI baseada nos tópicos de eletromagnetismo, v) preparar um questionário para investigar a evolução do processo de aprendizagem dos alunos e vi) produzir um gerador elétrico e seu manual durante uma oficina de criação.

A fundamentação teórica principal do trabalho terá como embasamento a teoria sociocultural de Vygotsky (1988), visando como a interação social interfere no desenvolvimento do indivíduo e no seu processo de aprendizagem. Por meio da interação social e da ressignificação de linguagem do indivíduo espera-se que o professor auxilie a transformação de pseudoconceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno para conceitos científicos bem estruturados e embasados na ciência. Por intermédio de atividades colaborativas e de teor investigativo espera-se demonstrar para o aluno a importância da linguagem científica e da consolidação de uma argumentação científica sólida.

Quanto à metodologia de pesquisa, utiliza-se referenciais de pesquisa de cunho qualitativo como o estudo de caso, com viés interpretativo. O estudo de caso concentra-se na observação minuciosa de um contexto, um indivíduo, uma fonte documental ou um acontecimento específico (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 89). Os instrumentos de coleta de dados serão feitos por meio de avaliação qualitativa dos alunos em sala de aula com testes conceituais contínuos sendo aplicados e questionários respondidos previamente a aplicação das aulas.

A dissertação está dividida em 6 capítulos. O capítulo 2 aborda o referencial teórico: a teoria cognitiva de aprendizagem, a utilização de histórias (mangás) no âmbito do ensino de física, preparação de uma SEI para tópicos de eletromagnetismo e a utilização do método PI. No capítulo 3, se trata da metodologia de pesquisa, abordando o meio de aplicação e descrição da parte didática e comentários sobre o caráter qualitativo da investigação. No capítulo 4 é realizada a descrição do produto educacional que será aplicado em sala de aula. No capítulo 5 será descrito de forma efetiva sua aplicação e feito o confronto interpretativo entre os dados coletados da pesquisa e o referencial teórico para, por fim, serem feitas as considerações finais no capítulo 6.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente trabalho está fundamentado na teoria socioconstrutivista de Vygotsky (1988, 1999, 2001) que irá embasar, de forma geral, a perspectiva do professor durante a aplicação de uma Sequência de Ensino Investigativa (CARVALHO, 2013) e as reflexões da interação social entre os alunos durante a utilização do método *Peer Instruction* (MAZUR, 2015) no processo de aprendizagem de tópicos de Eletromagnetismo para o Ensino Médio.

### 2.1 O SOCIOCONSTRUTIVISMO DE VYGOTSKY

Lev Vygotsky trabalha com a ideia do socioconstrutivismo, na qual une ideias trabalhadas no behaviorismo e construtivismo. No socioconstrutivismo o conhecimento preexiste no lado de fora do indivíduo, portanto o conhecimento está impregnado na cultura, objetos e como as pessoas vivem, ou seja, quando esse conhecimento é internalizado e há a interação com o meio, o indivíduo tem sua própria interpretação e associa isso com sua vivência. Segundo Moreira (1999), o desenvolvimento cognitivo não ocorre de forma desvinculada do contexto social, histórico e cultural de um indivíduo, sendo assim, o interesse principal de Vygotsky é estudar como a interação social interfere no desenvolvimento e processo de aprendizagem de uma pessoa. Em uma sociedade, gestos, hábitos e valores são compartilhados, mas cada um tem sua própria interpretação ao longo da vida, as diferentes experiências vão moldando o conhecimento e se adequando a própria realidade, por isso

Só começamos a entender a relação efetiva entre o desenvolvimento do pensamento da criança e o desenvolvimento social da criança quando aprendemos a ver a unidade entre comunicação e generalização. As relações entre pensamento e palavra e generalização e comunicação devem ser a construção do pensamento e da linguagem questão central a cuja solução dedicamos as nossas pesquisas. (VYGOTSKY, 2001, p. 13).

Vygotsky utiliza uma ideia de ferramentas internas ou psicológicas, que diferente de uma ferramenta externa que são utilizadas para modificar o meio externo, são ferramentas que controlam ações e ideias. Sistemas simbólicos como a linguagem, servem de elementos norteadores que são utilizados como ferramentas psicológicas. Quando há apropriação da linguagem, pode-se organizar melhor os pensamentos e a comunicação com outras pessoas, mesmo sobre elementos que não estão presentes ou são abstratos. Toda ferramenta psicológica precisa ser internalizada, e essa internalização é feita através de instrumentos e signos que são apropriadas da sociedade de modo geral.

As sociedades criam não só instrumentos, mas também sistema de signos; ambos são criados ao longo da história dessas sociedades e modificam, influenciam, seu desenvolvimento social e cultural. [...] A combinação do uso de instrumentos e signos é característica apenas do ser humano e permite o desenvolvimento de funções mentais ou processos psicológicos superiores. [...] instrumentos e signos são construções sócio-históricas e culturais; através da apropriação (internalização) dessas construções, via interação social o sujeito se desenvolve cognitivamente. (MOREIRA, 1999, p.111)

O pensamento e a linguagem são processos que estão relacionados de certa forma, mas para Vygotsky essa interação não se dá de forma imediata, ele se desenvolve em um certo período biológico após interações sociais. Quando o pensamento e linguagem começam a se inter-relacionar tem como resultado o pensamento verbal, que é quando pensamos e utilizamos signos que adquirimos com apropriação do meio externo para formar uma linha de raciocínio.

### 2.1.1 VYGOTSKY E A SALA DE AULA

Vygotsky atribui a existência de dois tipos de conceitos: os pseudoconceitos e os conceitos científicos. Os pseudoconceitos são conceitos espontâneos sobre o mundo e que estão basicamente ligados com a observação, se apoiando em experiências pessoais, aparência das coisas, crenças ou superstições. Os conceitos científicos são conceitos “verdadeiros”, que são baseados na pesquisa científica e controlada, e não se deixam levar pela aparência. Para Vygotsky os conceitos científicos permitem ver melhor a realidade. O papel da escola, ou seja, do professor, é transformar esses pseudoconceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno em conceitos bem estruturados e embasados nos conceitos científicos, então

Esse é um processo em que a escola tem um papel de destaque, pois além de ser responsável pela difusão do conhecimento científico elaborado e acumulado pela humanidade, o aprendizado escolar exerce influência decisiva no desenvolvimento das funções psicológicas superiores (atenção deliberada, memória lógica, abstração, capacidade para comparar e diferenciar), justamente na fase em que elas estão em amadurecimento (BARBOSA; BATISTA, 2018, p. 50 apud REGO, 1995).

Ao estudar a aprendizagem humana, Vygotsky percebe que tem certas coisas que as pessoas já sabem fazer sozinhas e coisas que as pessoas podem aprender com ajuda de outras pessoas. Ele divide esses estágios do conhecimento da seguinte forma: em Zona de Desenvolvimento Real e Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP). A Zona de Desenvolvimento Real está ligada ao tipo de conhecimento que o indivíduo já consegue fazer sozinho, ou seja, é uma aprendizagem que já foi consolidada. A ZDP está ligada a conhecimentos que a pessoa não pode alcançar



sozinha, mas sim com ajuda de outra pessoa mais experiente naquele assunto, ou seja, a partir da interação social. Mais formalmente

A zona de desenvolvimento proximal é definida como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo, tal como medido por sua capacidade de resolver problemas independentemente, e o seu nível de desenvolvimento potencial, tal como medido através da solução de problemas sob orientação (de um adulto, no caso de uma criação) ou e colaboração com companheiros mais capazes (VYGOTSKY, 1988, p. 97).

À medida que uma aprendizagem proximal vira uma aprendizagem real, a pessoa vai adquirindo a capacidade de fazer algo que ela só conseguia com ajuda, de forma individual. O papel do professor é atuar como mediador na aquisição de significados cientificamente aceitos e uma constante utilização da linguagem como um importante sistema de signos dentro da ZDP para o desenvolvimento cognitivo do aluno.

## 2.2 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

O ensino por investigação está ligado, em seus primórdios, a características naturais dos seres humanos e da curiosidade e desejo de compreensão do universo que os cerca. De acordo com Rodrigues e Borges (2008, p.2), não faz sentido situar historicamente um ponto de partida específico para a metodologia do ensino por investigação, porém, se faz a alusão a inclusão do estudo de ciências no currículo devido a crença que a ciência possui o diferencial por oferecer prática na lógica indutiva. Para Zompero e Laburú (2011, p. 64) houve uma tendência muito grande, principalmente em países da Europa e dos Estados Unidos, em um movimento conhecido como “*inquiry*”, que na literatura recebe diferentes conceituações como: ensino por descoberta, aprendizagem por projetos, questionamentos, resolução por problemas e o próprio ensino por investigação, tendo uma grande influência nas ideias do filósofo e pedagogo americano John Dewey.

A ideia de o aluno trabalhar de forma a construir seu próprio conhecimento por meio de uma lógica mais indutiva, esbarra muita das vezes com um sistema, que em sua maior parte, está engessado e visa trazer de forma mais pragmática o conteúdo a ser ministrado. Todavia, recentemente em seu texto, o BNCC cita a importância da presença das práticas investigativas na área de ciências da natureza, onde:

Os **processos e práticas de investigação** merecem também destaque especial nessa área. Portanto, a dimensão investigativa das Ciências da Natureza deve ser enfatizada

no Ensino Médio, aproximando os estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como: identificar problemas, formular questões, identificar informações ou variáveis relevantes, propor e testar hipóteses, elaborar argumentos e explicações, escolher e utilizar instrumentos de medida, planejar e realizar atividades experimentais e pesquisas de campo, relatar, avaliar e comunicar conclusões e desenvolver ações de intervenção, a partir da análise de dados e informações sobre as temáticas da área. (BRASIL, grifo nosso, 2016 p. 550)

No anseio de tornar a prática do ensino por investigação como cerne desse trabalho, foi utilizado as orientações e práticas que a Carvalho (2013) traz em seu livro, com propósito de construir uma sequência didática como um produto educacional. Recentemente em um artigo, Carvalho (2018) define como ensino por investigação como o ensino dos conteúdos em que o professor consegue criar as condições na sala de aula para os alunos:

- Pensem, levando em conta a estrutura do conhecimento;
- Falarem, evidenciando seus argumentos e conhecimentos construídos;
- Lerem, entendendo criticamente o conteúdo lido;
- Escreverem, mostrando autoria e clareza nas ideias expostas.

Em tese, o ensino por investigação pressupõe dar para os alunos o que Carvalho (2018) chama de liberdade intelectual. O papel do professor é criar um ambiente propício em sala de aula, elaborando problemas que incitem o lado indutivo do aluno, gerando discussões, hipóteses e proposições de soluções para determinado problema. O professor se coloca em um papel de mediador das discussões presentes, evitando respostas prontas e servindo de gatilho para os debates, permitindo que os alunos possam participar da aula sem o medo de errar.

### 2.2.1 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Para desenvolvimento de uma sequência didática que vise as orientações de um ensino investigativo, é proposto a elaboração de uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) (CARVALHO, 2013). A SEI pode ser definida como uma sequência de aulas que irá abranger tópicos do programa escolar, onde cada atividade é planejada pelo professor a fim de atender as condições estabelecidas para um ensino investigativo. Essas atividades são elaboradas utilizando diferentes atividades investigativas, que podem ser laboratórios abertos, demonstrações investigativas, textos históricos, problemas abertos, recursos tecnológicos. É

importante salientar que essas atividades se apresentam como situações problemas e tem por objetivo desencadear um raciocínio científico, que propicie aos alunos

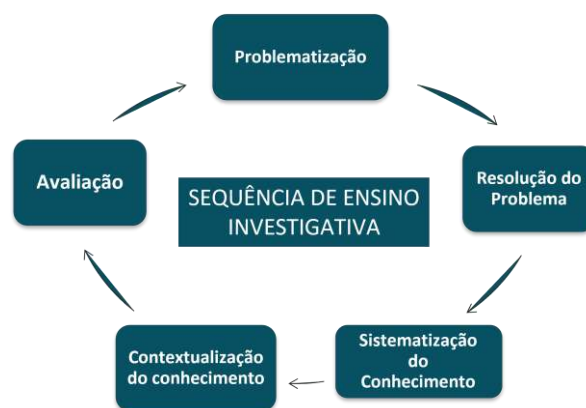
[...] condições de trazer seus conhecimentos prévios para iniciar os novos, terem ideias próprias e poder discuti-las com seus colegas e com o professor passando do conhecimento espontâneo ao científico e adquirindo condições para entenderem conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. (CARVALHO, 2013, p.9)

Segundo a autora (CARVALHO, 2013), algumas etapas estarão presentes na construção do raciocínio científico durante a aplicação das atividades da SEI como:

- Elaboração de hipóteses utilizando seus conhecimentos prévios;
- Argumentação;
- Solução do problema, produzindo uma tentativa de resposta;
- Construção de um raciocínio proporcional que envolve as variáveis relacionadas a com a situação problema.

A Figura 1 esquematiza o processo de como essas etapas estarão presentes na elaboração da SEI para cada atividade investigativa aplicada:

**Figura 1** - Etapas da aplicação na construção de uma SEI.



Fonte: Autoria Própria

A primeira etapa presente é a apresentação do problema a partir de uma **problematização**. Nessa etapa o professor traz a situação problema na forma de uma atividade

investigativa, contextualizando e criando um ambiente favorável a participação dos alunos, propiciando sua liberdade intelectual.

A segunda etapa é a **resolução do problema** por parte dos alunos. Nessa etapa os alunos trarão seus conhecimentos prévios para uma tentativa de formular soluções e hipóteses para o problema apresentado. Essa etapa predispõe o aprendiz a interagir com os problemas, os assuntos, a informação e os valores culturais dos próprios conteúdos com os quais estamos trabalhando em sala de aula. É importante que os alunos apresentem suas hipóteses e discutam sua validade, o professor atua como um mediador do debate, nunca fornecendo respostas concretas sobre a veracidade das informações, mas sim instigando os alunos nas suas próprias ideias. Lembrando que esses conhecimentos espontâneos trazidos pelos alunos são uma constante em toda proposta construtivista, e “são a partir dos conhecimentos que o estudante traz para a sala de aula que ele procura entender o que o professor está explicando ou perguntando.” (CARVALHO, 2013)

A terceira é a **sistematização do conhecimento**, nessa etapa o professor irá a partir de uma linguagem científica, tentar construir um raciocínio lógico baseado em evidências científicas para sistematizar as informações coletadas durante a discussão. Todas as hipóteses e conhecimentos espontâneos dos alunos serão confrontados e caberá a eles formalizar seu conhecimento a partir da interação com o professor. O professor poderá usar como subsídio algum artigo científico, vídeos, contextualização do cotidiano ou exercícios que corroborem com sua explicação. Essa etapa se relaciona com o conceito da ZDP proposta por Vygotsky, determinado pela resolução de um problema sob a orientação do professor ou em colaboração com outro companheiro.

A quarta etapa é a **contextualização do conhecimento** a partir do dia a dia dos alunos. Nesse momento eles são confrontados para ter uma noção a importância da aplicação do conhecimento que foi construído do ponto de vista social, como é defendido por Vygotsky, fica nítido, na qual “as mais elevadas funções mentais do indivíduo emergem de processos sociais”. (CARVALHO, 2013, p.3 apud VYGOTSKY). Assim, o conceito de interação social, mediado pelo uso de artefatos sociais, torna-se um processo imprescindível na construção do conhecimento do aluno.

A quinta e última etapa é a **avaliação**, essa é uma etapa na qual o professor pode ter um retorno se o processo de aprendizagem dos alunos foi satisfatório. Carvalho (2013, p.10) orienta que inovações didáticas devem estar presentes nas avaliações e recomenda que seja aplicada uma ao término de cada ciclo que compõe a SEI. No caso desse trabalho, como será comentado

adiante, foi utilizado nessa etapa, o método do *Peer Instruction* com auxílio do aplicativo *Plickers* para coleta de dados.

É importante lembrar que essas etapas se comportam ciclicamente durante a SEI, e se repetem a cada novo conteúdo ou nova abordagem aplicado pelo professor durante sua aula.

## 2.2.2 SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA NO ENSINO DE FÍSICA

Visando analisar como os trabalhos acadêmicos abordam e organizam uma SEI, no âmbito do ensino de física, foi feita uma revisão bibliográfica a respeito do tema. Para isso foi utilizado o portal de Periódicos da CAPES<sup>1</sup>, utilizando as palavras chaves “Sequência de Ensino” + “Ensino de Física”, sendo filtrado somente os artigos durante os últimos dez anos. Dessa pesquisa foram selecionados cinco artigos de revistas de qualis A e que estavam relacionadas ao desenvolvimento e aplicação de uma SEI:

**Tabela 1** - Revisão bibliográfica de artigos científicos sobre a SEI

<b>TÍTULO DO ARTIGO</b>	<b>REVISTA</b>
UMA PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA SOBRE QUANTIDADE DE MOVIMENTO, SUA CONSERVAÇÃO E AS LEIS DE NEWTON. (BELLUCO, CARVALHO, 2014)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
O ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO EFEITO FOTOELÉTRICO COM ESTUDANTES DO ENSINO MÉDIO DE UM INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA. (JÚNIOR, COELHO, 2020)	Caderno Brasileiro de Ensino de Física
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DA LEI DE HOOKE E MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES: USO DO APLICATIVO PHYPHOX, O SIMULADOR PHET E GIF'S. (SANTOS et al, 2019).	Revista de enseñanza de la física
APLICAÇÃO DE UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA PARA O ESTUDO DE CIRCUITOS DE CORRENTE ALTERNADA. (AQUINO, FEITOSA, LAVOR, 2019)	Revista de enseñanza de la física

<sup>1</sup> Site de periódicos: <<http://www.periodicos.capes.gov.br/>>

O ENSINO DE FÍSICA POR INVESTIGAÇÃO: A SOCIOCONSTRUÇÃO DO CONHECIMENTO PARA MEDIR A ACELERAÇÃO GRAVITACIONAL. (MOURA, SILVA, 2019)

Research, Society And Development

No primeiro artigo os autores (BELLUCO, CARVALHO, 2014) mostram como elaborar uma SEI dentro do tópico de quantidade de movimento. Nesse trabalho os autores apresentam a ideia da construção da sequência a partir de cinco atividades. A primeira um problema experimental com os pêndulos de Newton, a segunda com três questões semiabertas relacionadas a um problema de colisão a partir de um desenho, a terceira uma sequência de problemas abertos, a quarta uma retomada as leis de Newton a partir de uma contextualização com três problemas relacionados a cada uma das três leis, e a quinta uma avaliação geral do processo de ensino aprendizagem a partir de três problemas abertos.

No segundo artigo os autores (JÚNIOR, COELHO, 2020) trazem uma SEI que utiliza como principal instrumento, uma demonstração investigativa utilizando um aparato experimental construído a partir de um relê fotoelétrico para ensinar o Efeito Fotoelétrico para uma turma da segunda série de um curso técnico integrado ao ensino médio em um Instituto Federal de Educação. Foram realizadas um total de seis atividades ao longo da SEI, sendo duas questões abertas, dois textos, uma simulação computacional e o aparato experimental para a demonstração investigativa.

No terceiro artigo os autores (SANTOS, et. al, 2019), apresentam algumas Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) como ferramentas pedagógicas na elaboração de uma SEI com os temas da Lei de Hooke e Movimento Harmônico Simples (MHS). Foi elaborado uma sequência para três encontros para alunos a segunda série do ensino médio de uma escola pública. Dentro da sequência foram inseridos TICs como o simulador do PhET, GIFs e o sensor acelerômetro de um celular em conjunto com o aplicativo Phyphox para estudar oscilações de objetos acoplados em uma mola.

No quarto artigo os autores (AQUINO, FEITOSA, LAVOR, 2019) elaboram uma SEI como proposta pedagógica para o ensino de circuitos com fonte de corrente alternadas. Na elaboração da SEI os autores optaram por utilizar atividades investigativas computacionais a partir de simuladores como o Falstad e o PhET, além de um protótipo experimental construído e desenvolvido em conjunto com os alunos.

No quinto artigo os autores (MOURA, SILVA, 2019) propõem uma SEI dividida em cinco etapas para medir a aceleração gravitacional a partir de um aparato experimental dentro

do tópico de empuxo. Para isso alguns conceitos prévios foram debatidos a partir de problemas abertos e demonstrações investigativas para no fim, realizar um laboratório aberto com os alunos afim de medir o valor da gravidade.

Em todos os artigos mencionados anteriormente, percebe-se a importância dos recursos tecnológicos e experimentais ligados a preparação da SEI, tais recursos estão ligados diretamente em despertar nos alunos um interesse para que a proposta do Ensino por Investigação e demanda uma participação muito grande do aluno durante as atividades na aula para que possa ser executada de forma satisfatória e promova o tão esperado engajamento durante o processo de ensino e aprendizagem.

### 2.2.3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

O método do ensino por investigação e da organização de uma sequência investigativa proposta por Carvalho (2013) culmina em levar os alunos a serem alfabetizados cientificamente. O termo alfabetização científica, no entanto, é debatido na literatura, devido a pluralidade semântica presente nos artigos nacionais, os autores debatem em vários artigos a respeito da utilização de termos como Alfabetização Científica, Letramento Científico e Enculturação Científica (TEIXEIRA, 2013; SASSERON, CARVALHO, 2016; CUNHA 2017, 2018) para melhor expressar seu conceito dentro do Ensino de Ciências.

Segundo Sasseron e Carvalho (2016) a pluralidade dos termos esbarra muita das vezes com a tradução estrangeiras, como “Scientific Literacy” nas publicações de língua inglesa, “Alphabétisation Scientifique” nas publicações francesas e “Alfabetización Científica” na maioria das publicações espanholas, que acabam tendo uma variância na hora da tradução para o português, principalmente nos artigos de língua inglesa. Ainda para Sasseron e Carvalho (2016) o cerne das discussões levantadas pelos pesquisadores que usam um termo ou outro são as mesmas preocupações com o Ensino de Ciência, ou seja, estão relacionados com a construção de um cidadão capaz de utilizar a ciência em benefício das pessoas, sociedade e meio-ambiente.

Como construção desse trabalho está fortemente alicerçado nas ideias e propostas apresentados por Carvalho (2013), será utilizado o termo Alfabetização Científica, onde sua ideia está vinculada a ideia de alfabetização de Paulo Freire:

“...a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. (...) Implica

numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto.” (SASSERON, CARVALHO, apud FREIRE p.111, 1980)

Portanto a ideia de alfabetização está vinculada a organização de pensamento lógico e uma consciência mais crítica em relação ao mundo e suas tomadas de decisões. Dentro da perspectiva das ciências, um indivíduo alfabetizado cientificamente “pode ser entendido como aquele que conhece os conceitos científicos e compreende como a ciência pode transformar a sociedade, afetando sua vida e o planeta” (SANTOS, SILVA, 2018, p. 140).

No artigo de revisão realizado por Sasseron e Carvalho (2016) é discutido diversas habilidades que autores no meio acadêmico citam como necessidade para um indivíduo estar alfabetizado cientificamente. Dentre todos esses pontos de convergência, as autoras reúnem três eixos para servirem de base para o planejamento e propostas visando a alfabetização científica, que elas nomearam de **Eixos Estruturantes da Alfabetização Científica**, sendo eles o(a):

- 1) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais;
- 2) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática;
- 3) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente.

Esses três eixos são essenciais na progressão do aluno durante sua evolução escolar e para planejamento do professor, visando uma progressão no conceito da alfabetização científica desde o ensino fundamental, como defende a autora e é suportado pela BNCC:

As análises, investigações, comparações e avaliações contempladas nas competências e habilidades da área podem ser desencadeadoras de atividades envolvendo procedimentos de investigação. Propõe-se que os estudantes do Ensino Médio ampliem tais procedimentos, **introduzidos no Ensino Fundamental**, explorando, sobretudo, experimentações e análises qualitativas e quantitativas de situações-problema. (BRASIL, p. 551, grifo nosso, 2016)

De modo geral, as atividades realizadas e planejadas pelo professor, devem então desencadear a habilidade investigativa do aluno e, de forma progressiva, levar a linguagem



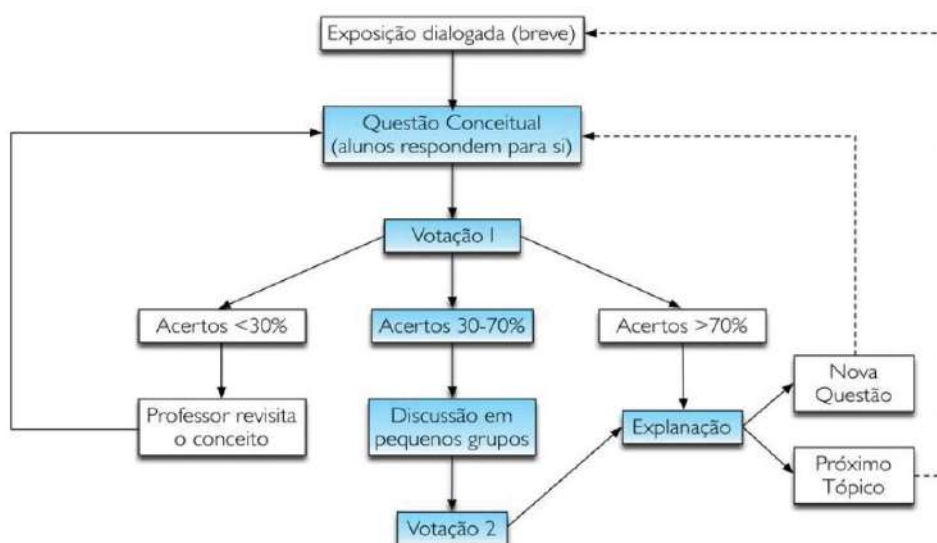
científica para seu cotidiano, fazendo cada vez mais parte da sua cultura e do seu modo de viver, aprendendo a falar, entender e utilizar a ciência.

### 2.3 PEER INSTRUCTION

O *Peer Instruction* (PI) ou em tradução livre, Instrução pelos colegas (IpC) (ARAUJO, MAZUR, 2013) é um método desenvolvido pelo professor Eric Mazur da Universidade de Harvard (MAZUR, 2015)<sup>2</sup>. O IpC é um método de aprendizagem ativa que tem como objetivo explorar a interação entre os estudantes e promover maior engajamento em seu processo de aprendizagem. Segundo Mazur (2015), o IpC se destaca na compreensão de forma mais significativa dos conceitos físicos estudados, por promover, com determinados critérios, a execução de testes conceituais ao longo da aula, que dá ao professor um *feedback* imediato de como está sendo o processo de ensino e aprendizagem dos alunos.

A aplicação do método consiste em um breve detalhamento sobre os pontos chaves do conteúdo a ser trabalhado, seguido da aplicação de um teste conceitual. Inicialmente os alunos devem responder o teste, geralmente de múltipla escolha, de forma individual. Após a sua aplicação, o professor coleta as respostas dos alunos e pode seguir a aula por três caminhos que está representado na Figura 2:

**Figura 2** - Diagrama do processo de implementação do método IpC (Peer Instruction)



Fonte: (ARAUJO; MAZUR, 2013)

<sup>2</sup> O livro foi originalmente publicado em 1997 e teve sua tradução para o português em 2015.

A quantidade de acertos é **menor que 30%**: Nessa situação o professor considera que o conceito não foi assimilado de maneira significativa pela turma, então é recomendado retornar à explicação do conceito tentando uma nova abordagem. Mazur (2015) fala que essa abordagem evita a formação de um abismo entre a expectativa do professor e a compreensão dos alunos, sendo necessária para não surgir uma dúvida geral sobre o tema.

A quantidade de acertos é **maior que 70%**: Nessa situação o professor considera que o conceito foi assimilado de forma significativa pela turma, podendo então comentar a questão destacando a alternativa correta e explicando o erro das outras.

A quantidade de acertos está **entre 30% e 70%**: Nessa situação é considerado que houve a assimilação por uma parte dos alunos, mas ainda uma parcela considerável não atingiu o conceito pretendido, ocorrendo a etapa que dá origem ao nome do método, a Instrução pelos Colegas. Nessa etapa, ainda sem revelar a resposta, o professor faz com que os alunos formem pequenos grupos, de preferência com aqueles que responderam de formas diferentes, para então discutir sobre suas respostas. Essa etapa do método parte do pressuposto que é muito mais fácil o aluno que acabou de aprender e conseguiu responder certo, fazer com que o aluno que ainda não assimilou o conceito entender seu erro. Mazur destaca que “Uma explicação provável é que os estudantes, os que são capazes de entender o conceito que fundamenta a questão dada, acabaram de aprender a ideia e ainda estão cientes das dificuldades que tiveram que superar para compreender o conceito envolvido” (MAZUR, 2015, p.13). Após o debate entre os alunos o professor permite que os alunos votem novamente e troquem suas respostas se acharem necessário. O professor então revela a resposta correta, fazendo sua explicação e passando para um novo tópico ou uma nova questão.

### 2.3.1 TESTES CONCEITUAIS

O ponto chave do sucesso do método está ligado a preparação e aplicação dos **testes conceituais**. As questões devem ser escolhidas de modo a trabalhar algum conceito específico, sem um nível de dificuldade muito grande, mas que possam auxiliar o professor em conseguir identificar na turma a assimilação ou não do conceito proposto, para então se criar uma constante reflexão do processo de ensino e aprendizagem por parte do professor (*feedback*). A dinâmica de votação durante a coleta de respostas dos testes conceituais pode ser feita de várias formas, é importante nesse ponto utilizar recursos tecnológicos presentes atualmente, portanto

será utilizado o aplicativo *Plickers* para coletar as respostas ao longo da votação. No capítulo 3 explicarei mais detalhadamente suas funcionalidades e recursos.

## 2.4 TÓPICOS DE ELETROMAGNETISMO

Na Grécia antiga, foram descobertas as propriedades de um minério de ferro encontrado na região da Magnésia (atualmente pertencente a Turquia), a magnetita ( $Fe_3O_4$ ). Esse minério, na época conhecido com magneto, apresentava a característica de atrair pequenos fragmentos de ferro, o que hoje chamamos de um ímã. De forma semelhante a descoberta da eletricidade no século VI a.C. por Tales de Mileto, a partir da atração do âmbar, foram várias tentativas para explicar o fenômeno da atração magnética causada pela magnetita e o ferro. No século XIII surgiram estudos mais precisos sobre o magnetismo e a eletricidade, a primeira e mais importante na época foi a compreensão de que eram fenômenos de natureza diferente, ideia que prevaleceu até o início do século XIX.

Os chineses provavelmente já conheciam o magnetismo antes dos gregos, em 1100 a.C. eles haviam descoberto que uma agulha de magnetita se orientava livremente num plano horizontal e se alinhava aproximadamente na direção norte-sul terrestre. Esse conhecimento foi essencial para criar aparelhos muito usados na navegação e utilizados até hoje por nós, a bússola. Em 1600, o físico inglês William Gilbert publicou um importante trabalho sobre o magnetismo, onde ele propõe que o funcionamento da bússola se dá pela própria Terra atuar como um grande ímã. Atualmente sabemos que o magnetismo terrestre é atribuído as correntes de convecção do ferro liquefeito do núcleo externo terrestre, movido pela rotação da Terra.

Por muito tempo o magnetismo e a eletricidade foram estudados como fenômenos separados, hoje sabemos que eles são aspectos do mesmo fenômeno, o eletromagnetismo. Essa teoria foi consolidada através de várias contribuições científicas e consolidada pelo físico James Clark Maxwell, juntando a lei de Ampère, modificada por ele, a lei de Gauss, e a lei da indução de Faraday, fechando a teoria moderna do eletromagnetismo com as quatro equações de Maxwell. (Tabela 2)

**Tabela 2** - As quatro equações de Maxwell na forma integral e diferencial.

Leis de Maxwell	Forma Integral	Forma Diferencial
Lei de Gauss	$\oint_S \vec{E} \cdot d\vec{A} = \frac{q}{\epsilon_0}$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
Lei de Gauss Magnética	$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{A} = 0$	$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0$

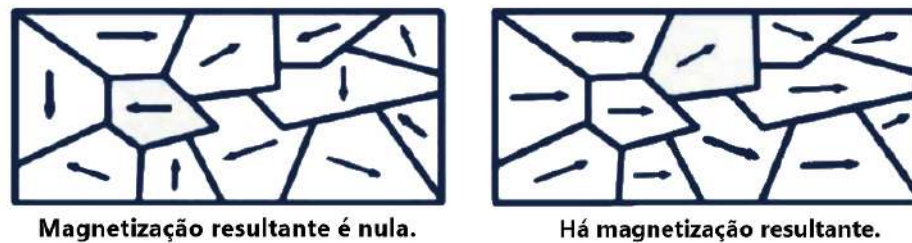
Lei de Ampère-Maxwell	$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i + \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\vec{\phi}_E}{dt}$	$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$
Lei de Faraday-Lenz	$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\vec{\phi}_m}{dt}$	$\vec{\nabla} \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

A Teoria eletromagnética de Maxwell foi publicada de forma completa em 1873, no livro *A Treatise on Electricity and Magnetism* (Tratado sobre Eletricidade e Magnetismo) e sintetizou do ponto de vista teórico, o magnetismo, eletricidade e óptica, sendo uma teoria unificadora de ramos do conhecimento que até o momento evoluíram de forma independente (ROCHA, 2002). A primeira e a mais importante consequência dessa unificação estão ligadas a relação entre o campo elétrico e magnético satisfazerem uma equação análoga, conhecida na época, para ondas elásticas. A partir disso, ele demonstrou teoricamente que a luz era distúrbio eletromagnético, chegando a um valor para velocidade muito próximo do obtido experimentalmente na época, ou seja, a luz era uma onda eletromagnética. Com esses resultados, Maxwell previu que deveria haver radiações eletromagnéticas para além da região do visível, fatos comprovados experimentalmente, anos depois, pelo físico alemão H. Hertz.

#### 2.4.1 O MAGNETISMO

Os ímãs são, em sua maior parte, corpos constituídos de **materiais ferromagnéticos**, como ferro, níquel, cobalto, metais de terras-raras e algumas de suas ligas. É percebido experimentalmente que os ímãs têm a capacidade de transmitir suas propriedades magnéticas, como a capacidade de atrair objetos de ferro, para outros corpos com propriedades ferromagnéticas. A estrutura desses materiais é constituída por regiões chamadas de **domínios magnéticos** (Figura 3), que são pequenas regiões onde cada uma se comporta como se fosse um “microímã”. Normalmente, na natureza, esses domínios magnéticos se encontram dispostos de forma aleatória, não apresentando nenhuma magnetização resultante macroscópica, porém, ao serem submetidos a presença de uma ação externa (um campo magnético por exemplo como iremos definir adiante), esses domínios adquirem uma direção predominante e o material se magnetiza.

**Figura 3** - Representação dos domínios magnéticos de um material ferromagnético.



Fonte: Autoria Própria.

A magnetização dos materiais ferromagnéticos não depende só de uma ação externa, mas também a que temperatura que esses materiais estão submetidos. Existe um certo ponto, denominado **ponto de Curie**, relativo a cada material, na qual acima dessa temperatura, os domínios magnéticos se desorganizam e tornam-se novamente aleatórios fazendo com que o material perca sua magnetização. É importante ressaltar que existem outros tipos de materiais como os paramagnéticos, diamagnéticos, antiferromagnéticos e ferrimagnéticos, cada um com particularidades quando submetidos a presença de um ímã, mas que não serão o foco no presente trabalho.

Na natureza existem os ímãs como a magnetita, chamado de **ímãs naturais**, que são resultado da solidificação das rochas ferromagnéticas sob ação externa do campo magnético terrestre. Esses ímãs possuem uma magnetização bem fraca, e não são muito utilizados no nosso cotidiano. Outra forma de obter um ímã, é por meio de alguns processos de imantação, produzindo ímãs chamados de **ímãs artificiais**. Esses ímãs podem ser classificados em três tipos:

- 1) Ímãs permanentes: são ímãs feitos de materiais ferromagnéticos, no qual após o processo de magnetização, o ímã mantém suas propriedades magnéticas mesmo após o processo de imantação. Esses ímãs possuem uma magnetização muito forte e são muito utilizados no nosso cotidiano.
- 2) Ímãs temporários: são ímãs compostos de materiais paramagnéticos que só apresentam propriedades magnéticas durante a presença de um campo magnético externo, ou seja, seu magnetismo é provisório.
- 3) Eletroímãs: é um aparelho composto de um condutor por qual circula uma corrente elétrica que apresenta magnetismo resultante durante a passagem da corrente elétrica.

Os eletroímãs também são muito utilizados no cotidiano em aparelhos como ventiladores, motores etc.

Outro fato observado experimentalmente a respeito dos imãs, é que sua capacidade de atração está concentrada em dois pontos específicos. Esses pontos são chamados de **polos**, cujo nome está relacionado ao funcionamento da bússola, de modo que ao deixar um imã de um jeito que ele se possa mover livremente, ele sempre irá se orientar aproximadamente na direção norte-sul terrestre. A extremidade que aponta na direção próxima ao polo norte geográfico terrestre, recebeu o nome de **polo norte magnético (N)**, e a extremidade voltada para polo sul geográfico de **polo sul magnético (S)**. É fácil verificar, utilizando dois imãs por exemplo, que seus polos de mesmo nome (N e N ou S e S) se repelem, e que seus polos de nomes contrários (N e S) se atraem (figura x).

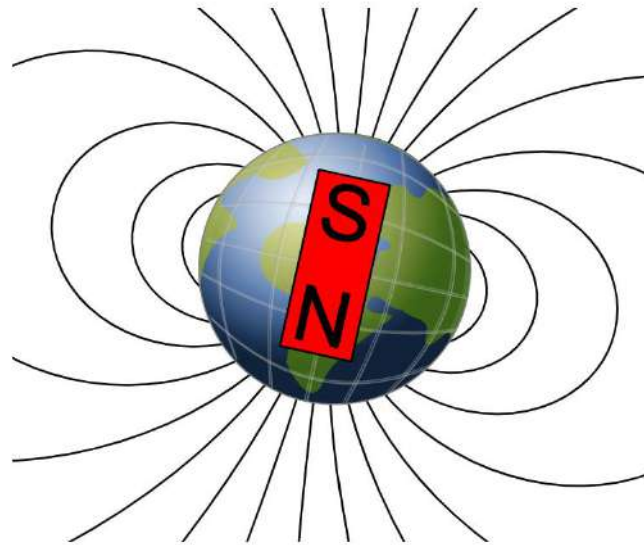
**Figura 4** - Relação entre as forças de atração e repulsão dos polos magnéticos.



Fonte: Autoria Própria

A relação entre os polos de um imã (sendo utilizado como uma bússola) com a Terra está no fato, como comentado anteriormente, da Terra se comportar como um grande imã (Figura 5) e apresentar propriedades magnéticas, sendo assim, percebe-se que há uma inversão entre os polos geográficos e magnéticos, visto que a determinação dos polos de um imã foi atribuída a partir de um critério geográfico e não físico.

**Figura 5** - Representação da Terra como um grande ímã.



Fonte: Wikimedia Commons

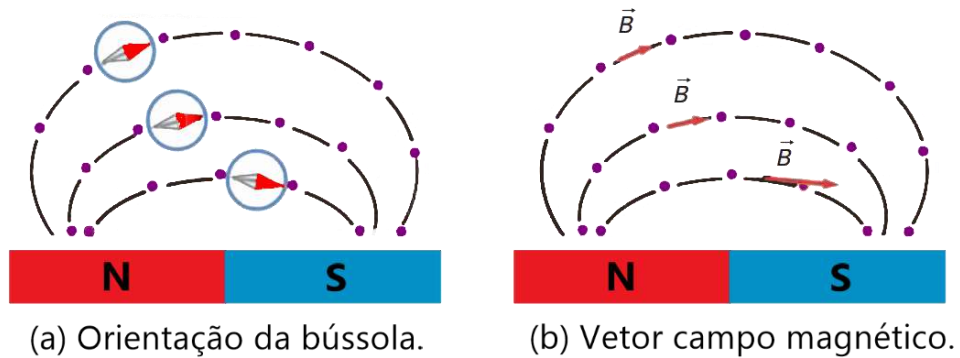
Se pensarmos em uma analogia com a eletrostática, poderíamos descrever o magnetismo produzido por ímãs, atribuindo cargas magnéticas N e S de forma análoga a cargas elétricas positivas (+) e negativas (-). Porém, experimentalmente é mostrado a impossibilidade de separar os dois polos de um ímã, ou seja, sempre que partimos o ímã em dois, cada pedaço permanecerá com seus respectivos polo norte e sul. Teoricamente essa inexistência de um monopolo magnético associado ao magnetismo é apresentada pela lei de Gauss do magnetismo:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (2.1)$$

Explicarei adiante sobre a definição do campo magnético, mas de forma resumida, essa equação representa uma propriedade fundamental do campo magnético, afirmando que não existe uma única fonte que produza esse campo, ou seja, a divergência do campo magnético é sempre zero, logo não existem cargas magnéticas.

Podemos então pensar em ímã como um dipolo (magnético no lugar de elétrico), usando a analogia na qual uma barra magnetizada seria semelhante a um dielétrico polarizado, sendo os polos norte e sul que aparecem na barra, análogos às cargas de polarização sobre as extremidades do dielétrico. Assim como definimos um vetor campo elétrico ( $\vec{E}$ ) relacionado a esse dipolo, podemos mapear a direção e sentido de um vetor campo magnético ( $\vec{B}$ ) em um determinado ponto, utilizando a direção tomada por uma pequena bússola (Figura 6 a) e utilizar o sentido de sul para o norte para definir o vetor campo magnético ( $\vec{B}$ ) (Figura 6 b).

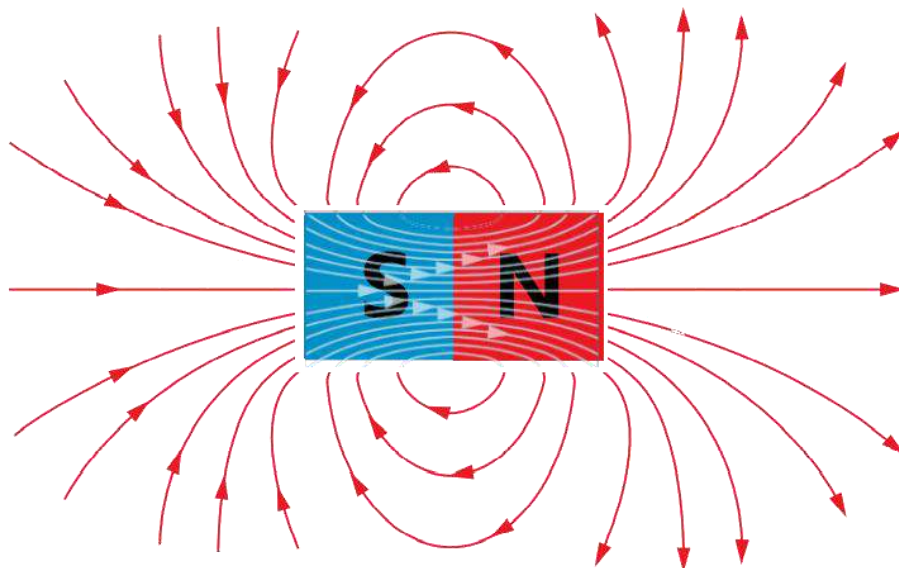
**Figura 6** - Figura (a): Representação da bússola em um campo magnético; Figura (b) Vetor campo magnético associado.



Fonte: Autoria Própria.

O vetor campo magnético é uma grandeza equivalente ao vetor campo elétrico, podendo ser definido o conceito de linhas de campo como mostra a Figura 7:

**Figura 7** - Representação das linhas de campo de um ímã em barra.



Fonte: Autoria Própria.

As linhas de campo magnética são contínuas, não nascem nem morrem nos ímãs, por isso, em relação ao sentido, fora do ímã essas linhas vão do polo norte ao polo sul e dentro do ímã do polo sul para o polo norte. De forma semelhante ao campo elétrico, a densidade das linhas de campo em uma região do espaço está ligada diretamente com a intensidade do campo



naquela região. Veremos a seguir de que maneira determinamos esse campo magnético em relação com a força sofrida por uma carga em movimento dentro desse campo.

#### 2.4.2 CAMPO E FORÇA MAGNÉTICA

Na eletrostática é definido o campo elétrico ( $\vec{E}$ ) a partir de uma carga de prova puntiforme ( $q$ ) colocada em um ponto do espaço, por meio de uma força de natureza elétrica ( $\vec{F}_E$ ) que atua na partícula, dada pela equação (2.2):

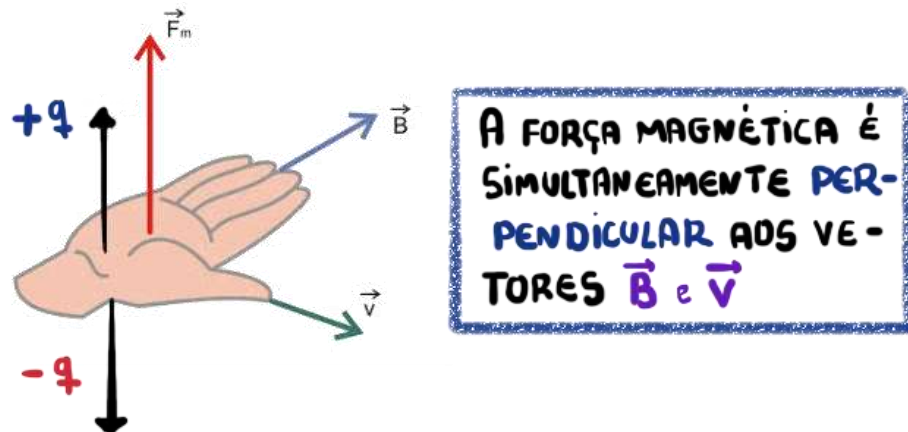
$$\vec{F}_E = q\vec{E} \quad (2.2)$$

Como não existem monopolo magnéticos, não podemos usar a mesma analogia para determinar o campo magnético, entretanto, verifica-se experimentalmente que a força magnética ( $\vec{F}_M$ ) é proporcional à carga ( $q$ ), a velocidade ( $\vec{v}$ ) e o campo magnético ( $\vec{B}$ ), dado pela equação (2.3):

$$\vec{F}_M = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (2.3)$$

A velocidade da partícula de carga ( $q$ ) é medida em relação a um referencial inercial e a direção da força magnética gerada é perpendicular às direções da velocidade  $\vec{v}$  e do campo magnético  $\vec{B}$ . Uma maneira de determinar sua direção, é utilizar a regra da mão direita (regra do tapa), posicionando os quatro dedos no sentido do campo magnético, o dedão no sentido da velocidade da partícula e, dependendo do sinal da carga, a direção e sentido da força é determinada pelo sentido da palma da mão (se for uma carga positiva) ou o sentido contrário da palma (se for uma carga negativa), a Figura 8 ilustra essa regra:

**Figura 8** - Regra da mão direita (Regra do Tapa).



Fonte: Autoria Própria.

Para podermos determinar a magnitude da força magnética, basta tomar o módulo do produto vetorial entre o campo magnético ( $\vec{B}$ ) e a velocidade ( $\vec{v}$ ), note que somente as componentes perpendiculares contribuem para a intensidade da força magnética. A equação (2.4) mostra o resultado do módulo da força magnética, sendo o ângulo ( $\phi$ ) referente ao ângulo entre os vetores  $\vec{B}$  e  $\vec{v}$ :

$$F_M = |q|vB \sin \phi \quad (2.4)$$

Definimos então a partir da equação (2.4) uma unidade para o campo magnético para o sistema internacional de medidas, chamada de Tesla (T), sendo:

$$1 T = 1 \frac{N/C}{m/s} \quad (2.5)$$

Na equação (2.3), consideramos uma situação na qual só existe um campo magnético atuando sobre a carga  $q$ , porém se existir um campo elétrico atuante também, podemos escrever a força resultante como a soma das equações (2.1) e (2.3), que recebe o nome de força de Lorentz:

$$\vec{F} = q(\vec{E} + \vec{v} \times \vec{B}) \quad (2.6)$$

É possível mostrar que o campo magnético não realiza trabalho. Se a carga  $q$  sofre um deslocamento  $d\vec{l}$  durante um intervalo de tempo  $dt$ , o trabalho realizado pela força de Lorentz é:

$$dW = \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (2.7)$$

Substituindo a força de Lorentz na equação (2.7) considerando que o deslocamento infinitesimal é  $d\vec{l} = \vec{v}dt$  e desenvolvendo um pouco a equação temos que:

$$dW = (q\vec{E} \cdot \vec{v}dt) + (q\vec{v} \times \vec{B} \cdot \vec{v}dt) \quad (2.8)$$

O segundo termo da equação é nulo, pois o resultado do produto vetorial entre  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$  é um vetor perpendicular a velocidade, e quando tiramos o produto escalar, temos dois vetores perpendiculares entre si resultando na nulidade do termo, ou seja,  $\vec{v} \cdot (\vec{v} \times \vec{B}) = 0$ . A equação (2.8) então pode ser escrita como:

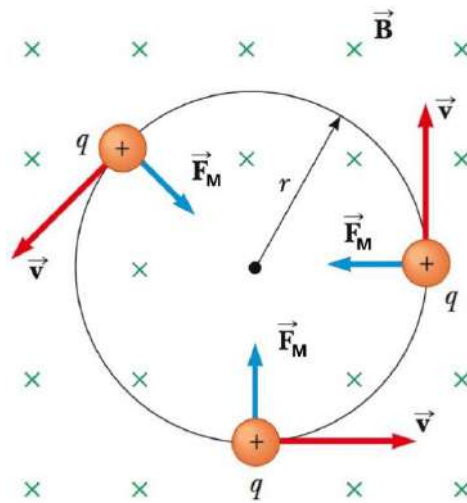
$$\frac{dW}{dt} = q\vec{E} \cdot \vec{v} \quad (2.9)$$

Percebemos então que a potência (trabalho por unidade de tempo) associada à força de Lorentz é única e exclusivamente dependente do campo elétrico, sendo assim, o campo magnético não realiza trabalho sobre a partícula, ou seja, em uma situação que uma partícula carregada está se movimentando sobre um campo puramente magnético, sua energia cinética permanece constante. Como veremos a seguir, a força magnética atuará somente alterando a direção e sentido do vetor velocidade, sendo uma resultante centrípeta.

### **Movimento de cargas em um campo magnético uniforme**

Considerando a situação da Figura 9, onde uma partícula de carga ( $q$ ) e massa ( $m$ ) se move com uma velocidade ( $\vec{v}$ ) perpendicular a um campo magnético uniforme ( $\vec{B}$ ), temos que de acordo com a equação (2.3) uma força magnética irá aparecer. Como a força magnética é perpendicular a velocidade, a direção do vetor velocidade será alterada continuamente.

**Figura 9** - Movimento circular uniforme (MCU) de uma carga  $q$  em um campo magnético  $B$  uniforme entrando no plano da folha.



Fonte: (SERWAY, JEWETT, 2006)

A força magnética então, atua como uma força resultante centrípeta e, como o campo magnético é constante, a partícula descreve um movimento circular uniforme (MCU). Sendo  $r$  o raio descrito pela trajetória circular, pela segunda lei de Newton, já considerando o módulo das grandezas, temos que:

$$F = ma_c = m \frac{v^2}{r} \quad (2.10)$$

Para os casos em que a velocidade é perpendicular ao campo magnético, o módulo da força magnética é dado por  $F_M = qvB$ , visto que pela equação (2.4), temos que  $\sin \phi = 1$ , igualando a equação (2.10), temos que o raio da trajetória é:

$$qvB = m \frac{v^2}{r} \rightarrow \boxed{r = \frac{mv}{qB}} \quad (2.11)$$

Podemos escrever ainda uma frequência angular ( $\omega$ ):

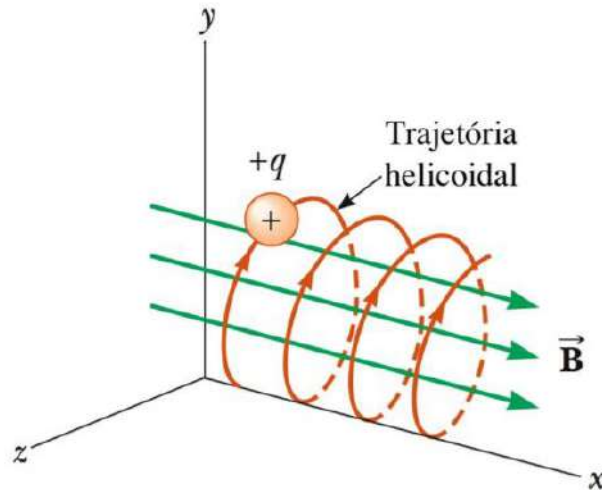
$$\omega = \frac{v}{r} \rightarrow \boxed{\omega = \frac{qB}{m}} \quad (2.12)$$

A frequência  $\omega$  é chamada de frequência de ciclotron e ela não depende da velocidade da partícula. Podemos também definir o tempo de uma volta da partícula, ou seja, seu período ( $T$ ):

$$T = \frac{2\pi r}{v} \rightarrow T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (2.13)$$

Se tivermos um movimento onde  $\vec{v}$  faça um ângulo  $\phi$  em relação ao campo magnético  $\vec{B}$ , teremos um movimento circular uniforme (MCU), como descrito acima, no plano de  $\vec{v}$  e  $\vec{F}_M$  e um movimento uniforme (MU) na direção de  $\vec{B}$ . O movimento será então uma composição de um MCU no plano  $yz$  e um MU no eixo  $x$ , formando uma **trajetória helicoidal** como mostra a Figura 10:

**Figura 9** - Movimento helicoidal (MCU + MU) de uma carga  $q$  em um campo magnético  $B$  uniforme com componente de velocidade na direção do campo.



Fonte: (SERWAY, JEWETT, 2006)

#### 2.4.3 FONTES DE CAMPO MAGNÉTICO

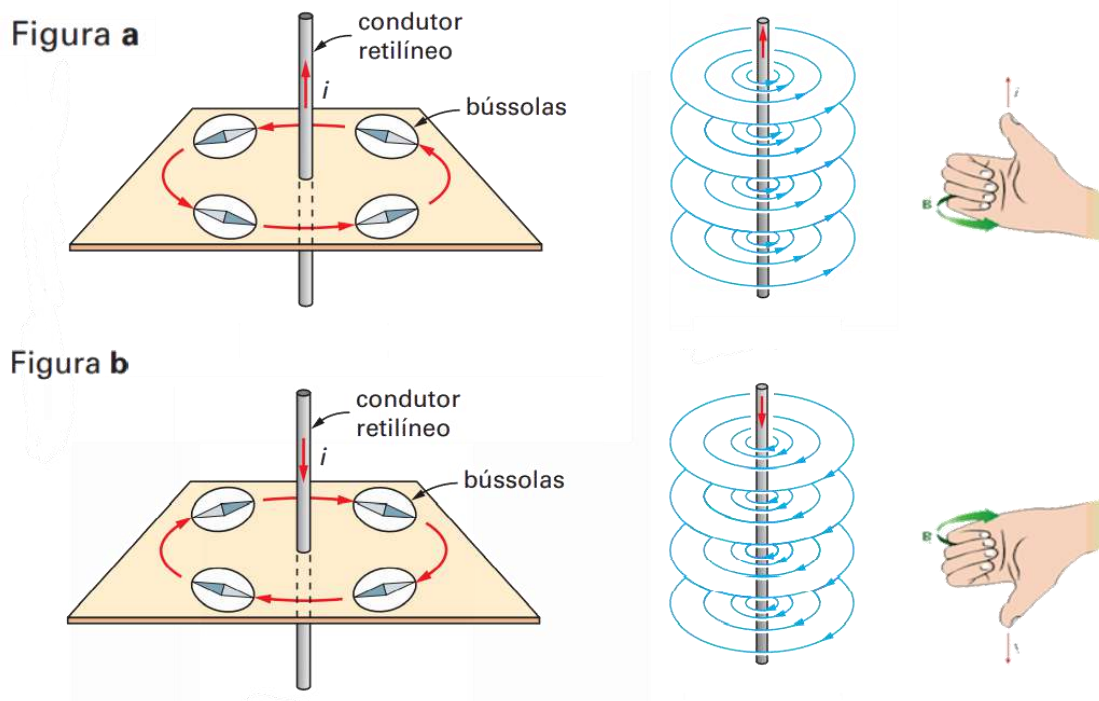
Vimos que uma carga em movimento sofre uma força magnética ao adentrar em uma região de atuação de um campo magnético apresentado pela equação (2.3) Para um fio condutor, sabemos que ao sofrer uma diferença de potencial em um circuito fechado, a variação da

quantidade de cargas ( $dq$ ) por unidade de tempo ( $dt$ ) que passa em uma sessão transversal do fio é definida como uma corrente elétrica ( $i$ ) como mostra a equação (2.14):

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (2.14)$$

Em 1819, o físico dinamarquês Hans Christian Oersted, procurando ver se uma corrente elétrica atuaria sobre o imã, descobriu que ao colocar uma bússola perpendicularmente a um fio retilíneo circulando uma corrente, a agulha da bússola sofria uma deflexão e se orientava perpendicularmente ao fio. Ele percebeu também que, quando colocava a bússola em lados opostos simétricos, a deflexão era dada de forma oposta. Além disso, o sentido da corrente alterava o sentido de deflexão das bússolas que ele interpretou como uma circulação, como um vórtice, em torno do fio. Podemos determinar a direção e sentido do campo magnético gerado por um fio retilíneo a partir da regra da mão direita, como mostra a Figura 11:

**Figura 10** - Figura (a) Condutor percorrido por uma corrente para cima; Figura (b) Condutor percorrido por uma corrente para baixo.



Fonte: Adaptado de (GASPAR, 2013)

Como cargas em movimento geram campo magnético, ao colocar um fio condutor percorrido por uma corrente elétrica sob a ação de um campo magnético, irá aparecer uma força

magnética que pode ser determinado partindo da equação (2.3) Seja a força ( $d\vec{F}_M$ ) sofrida por um elemento infinitesimal do fio ( $d\vec{L}$ ), temos que:

$$d\vec{F}_M = dq \vec{v} \times \vec{B} \quad (2.15)$$

Sendo  $dq$  um elemento infinitesimal de carga presente em um comprimento  $d\vec{L}$  e sabendo que a velocidade do elemento de carga pode ser escrita como  $\vec{v} = d\vec{L}/dt$ , temos que:

$$d\vec{F}_M = dq \frac{d\vec{L}}{dt} \times \vec{B} = \frac{dq}{dt} d\vec{L} \times \vec{B} = i d\vec{L} \times \vec{B} \quad (2.16)$$

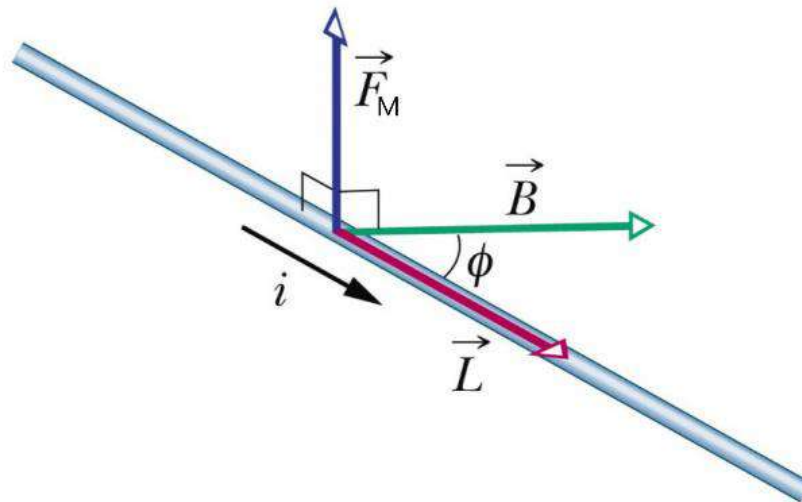
Para um fio retilíneo de comprimento  $L$ , podemos integrar a equação (2.16) para obter a força magnética sofrida pelo fio:

$$\vec{F}_M = i\vec{L} \times \vec{B} \quad (2.17)$$

Assim como fizemos anteriormente, podemos utilizar a regra da mão direita (regra do tapa), apresentado na Figura 8, para determinar a direção e sentido da força magnética, com a diferença que agora o seu dedo irá apontar para o sentido da corrente elétrica. Para uma situação em que o fio faz um ângulo ( $\phi$ ) com o campo magnético (Figura 12) podemos determinar o módulo da força magnética resolvendo o produto vetorial entre  $\vec{L}$  e  $\vec{B}$  dados na equação 2.17:

$$F_M = iLB \sin \phi \quad (2.18)$$

**Figura 11** - Representação das direções vetores  $\vec{F}_M$ ,  $\vec{L}$  e  $\vec{B}$  em um fio retilíneo percorrido por uma corrente.



Fonte: Adaptado de (HALLIDAY, RESNICK, WALKER, 2016).

Em 1820, foi mostrado os resultados de Oersted em uma reunião da Academia de Ciências da França. Nessa reunião estava o francês André Marie Ampère, que assistiu a apresentação e após ela deu início imediatamente a uma série de experimentos que foram fundamentais para contribuição no fechamento da teoria eletromagnética por Maxwell. Resulta das experiências de Ampère, que a circulação do campo magnético ao longo de uma curva fechada arbitrária (C) (análogo a ideia da superfície gaussiana para determinar o campo elétrico pela Lei de Gauss) é proporcional a intensidade de corrente elétrica que atravessa essa curva C (conhecida como amperiana). Podemos escrever esse resultado pela equação (2.19) na forma integral como:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i \quad (2.19)$$

Onde a equação (2.19) é a lei de ampère para correntes estacionárias e a constante  $\mu_0$  é chamada de permeabilidade magnética do vácuo e vale:

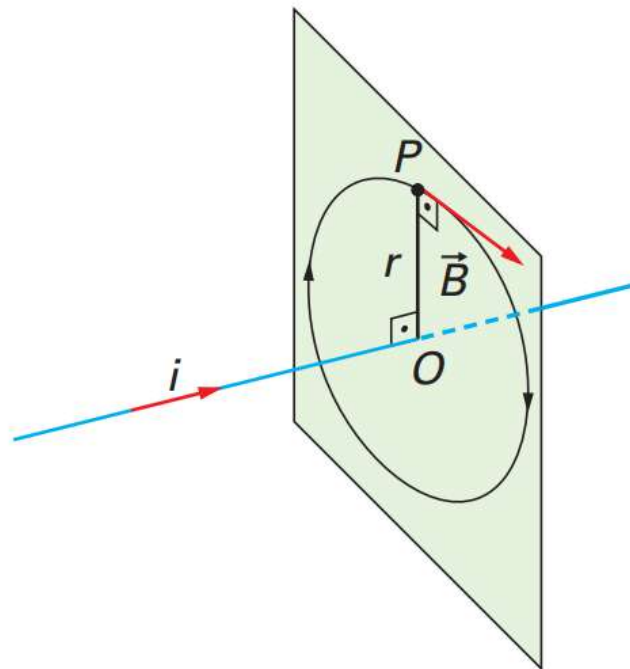
$$\mu_0 \equiv 4\pi \times 10^{-7} \frac{N}{A^2} \quad (2.20)$$



Repare que a equação (2.19), não possui o termo  $(\mu_0 \epsilon_0 \frac{d\vec{\phi}_E}{dt})$  presente nas equações de Maxwell comentadas na Tabela 2. Esse termo historicamente só aparece após alguns trabalhos de Maxwell, na qual ele demonstra que correntes de polarização devem produzir um campo magnético em materiais dielétricos. Por hora, a equação (2.19) irá nos atender para correntes estacionárias no vácuo.

Podemos utilizar a equação (2.19) para determinar o campo magnético de algumas situações, uma delas, muito utilizada a nível do ensino médio, é campo magnético gerado por um fio retilíneo muito longo, como mostra a Figura 13:

**Figura 12** - Campo magnético gerado por um fio retilíneo muito longo ( $L \gg r$ ).



Fonte: Adaptado de (GASPAR, 2013)

Escolhendo um ponto P para determinar o campo magnético, podemos envolver o fio com uma amperiana concêntrica de raio ( $r$ ) utilizando a simetria do problema para simplificar a equação (2.19) Como o campo magnético ( $\vec{B}$ ) é constante em todos os pontos da circunferência e paralelo ao elemento infinitesimal  $d\vec{l}$  ( $\cos \phi = 1$ ), podemos escrever que:

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint_C B \cos \phi dl = B \oint_C dl \quad (2.21)$$

Integrando  $dl$ , observamos que o resultado é o perímetro da amperiana dado por:

$$B \int_0^{2\pi r} dl = B(2\pi r) \quad (2.22)$$

Utilizando a relação da equação (2.19) temos que

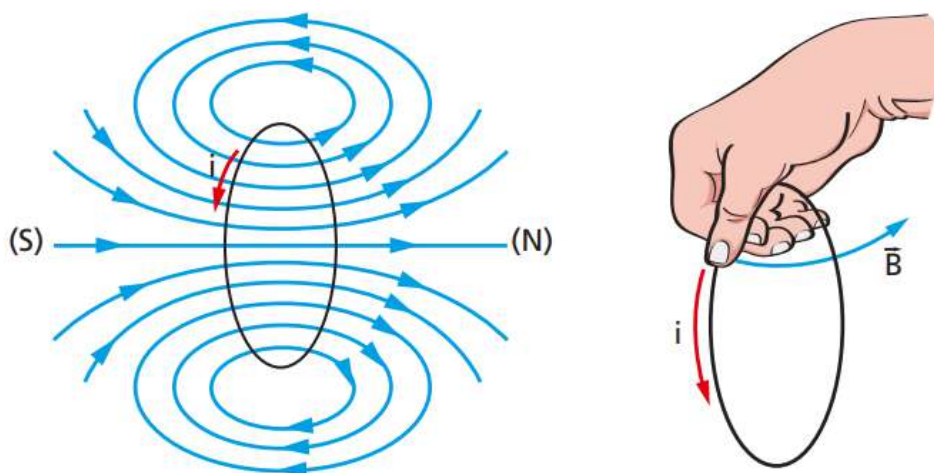
$$B(2\pi r) = \mu_0 i \rightarrow \boxed{B = \frac{\mu_0 i}{2\pi r}} \quad (2.23)$$

é o campo magnético gerado do lado de fora de um fio retilíneo muito longo, muitas vezes chamado de fio retilíneo infinito.

### Campo magnético de uma espira circular

Uma espira é um fio dobrado, no caso falarei do tipo mais comum, a espira circular. Experimentalmente verifica-se que ao passar uma corrente elétrica por uma espira, as linhas de campo magnético apresentam um aspecto parecido com o representado pela Figura 14.

**Figura 13** - Aspecto das linhas de campo geradas por uma espira circular.



Fonte: (CALÇADA, SAMPAIO, 2012)

O sentido das linhas de campo pode ser determinado pela regra da mão direita como mostra a Figura 14, onde o dedão aponta para o sentido da corrente e os quatro dedos no sentido das linhas. Se comparamos com a Figura 7, que representa as linhas de campo gerada

por um ímã em barra, notamos uma semelhança e podemos concluir que: a face de onde saem as linhas é o polo norte e a face por onde entram as linhas é o polo sul.

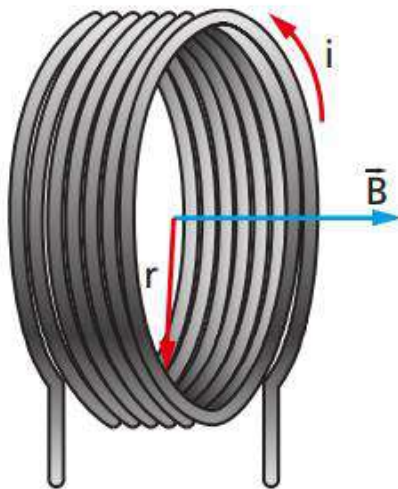
Pode-se demonstrar que o módulo do campo magnético no centro da espira circular é dado pela equação:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (2.24)$$

Onde  $R$  é o raio da espira e se considerarmos  $N$  espiras de mesmo raio e justapostas, como mostra a Figura 15, teremos uma bobina, cujo módulo do campo magnético no centro é dado por

$$B = N \frac{\mu_0 i}{2R} \quad (2.25)$$

**Figura 14** - Bobina chata.



Fonte: (CALÇADA, SAMPAIO, 2012)

Na prática e em vários aparelhos elétricos, utilizamos um solenoide, que é uma bobina mais longa, sendo um emaranhado de fios enrolado na forma de hélice cilíndrica. Em um solenoide ideal as espiras encostam umas nas outras e o comprimento ( $L$ ) é bem maior que seu diâmetro ( $D$ ). A partir da lei de Ampère (2.19) podemos determinar que o módulo do campo magnético no interior do solenoide ideal é:

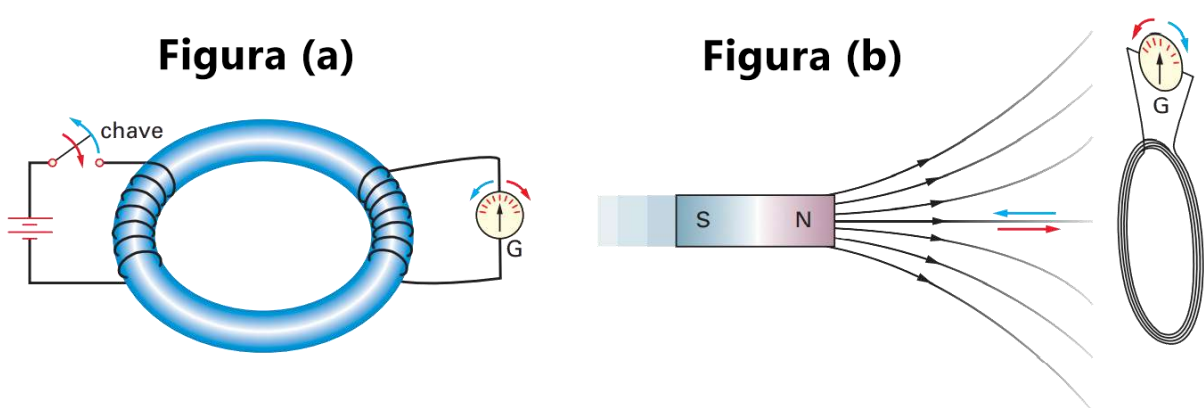
$$B = \mu_0 \frac{N}{L} i \quad (2.26)$$

É interessante notar a proporcionalidade do campo magnético com a corrente elétrica, os solenoides são um tipo de **eletroímã**, e são bastante utilizados pois se pode obter campos magnéticos muito mais intensos do que ímãs naturais.

#### 2.4.4 INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

Desde 1820, quando Oersted descobriu que corrente elétrica gerava campo magnético, uma crença da simetria entre a eletricidade e o magnetismo levou os físicos a imaginarem a possibilidade de uma relação inversa, o campo magnético também deve gerar uma corrente elétrica. Em 1831, o físico Michael Faraday, considerado por muitos um dos maiores experimentadores de todos os tempos, conseguiu através de alguns experimentos chegar na descoberta da **indução eletromagnética**. Em um dos seus experimentos, Faraday enrolou uma quantidade de fio em dois lados de um anel de ferro e ligou uma das extremidades em uma bateria e a outra em um galvanômetro (Figura 16a). Faraday percebeu que ao ligar ou desligar a chave, o galvanômetro oscilava.

**Figura 15** - Figura (a) Quando a chave liga/desliga o galvanômetro oscila; Figura (b) Ao aproximar ou afastar o ímã o galvanômetro oscila.



Fonte: Adaptado de (GASPAR, 2013)

Em outro experimento (Figura 16b), Faraday percebeu que ao aproximar um ímã de um solenoide ligado a um galvanômetro, este também fazia o ponteiro oscilar. A explicação para esse fenômeno estava na **variação do campo magnético**, onde, sempre que Faraday ligava ou desligava o circuito (Figura 16a) ou, aproximava e afastava o ímã (Figura 16b), estava variando

a quantidade de linhas de campo (ou linhas força, como foi introduzido e idealizado por ele na época), dentro da área do anel de ferro e do solenoide. Chamamos essa quantidade relacionada as linhas de campo que atravessam uma área de uma espira como **fluxo magnético** ( $\Phi_M$ ) e definimos matematicamente como:

$$\Phi_M = \int \vec{B} \cdot d\vec{A} \quad (2.27)$$

O  $d\vec{A}$  é um vetor de módulo  $dA$  que é normal (perpendicular) a um elemento de área, como se está interessado somente na componente do campo que atravessa à superfície, o produto escalar entre o  $\vec{B}$  e  $d\vec{A}$  assegura que apenas essa componente será levada em conta durante a integração. Seja  $\vec{N}$  um vetor perpendicular a uma superfície S (que representa a direção e sentido do vetor  $d\vec{A}$ ) (Figura 17a), podemos escrever o fluxo magnético em termo da sua componente:

$$\Phi_M = \int B \cos \theta \cdot dA \quad (2.28)$$

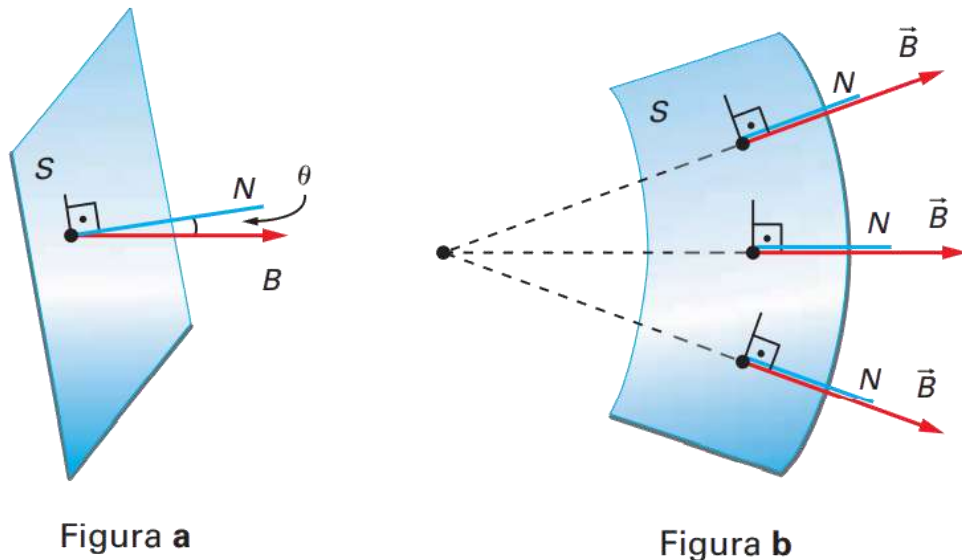
Para uma superfície S na qual a distribuição dos vetores  $\vec{B}$  e  $\vec{N}$  são paralelos entre si ( $\cos \theta = 1$ ) e ao longo de toda superfície o campo magnético tem o módulo constante (Figura 17b), a integral da equação (2.28) resulta em:

$$\Phi_M = B \int dA \rightarrow \Phi_M = BA \quad (2.29)$$

A unidade sistema internacional de fluxo magnético recebe o nome de weber (Wb) onde:

$$1 \text{ weber} = 1Wb = 1 T \cdot m^2 \quad (2.30)$$

**Figura 16** - Figura (a) Componente do vetor  $B$  em relação ao vetor normal  $N$ ; Figura (b) Vetor  $B$  e  $N$  paralelos entre si ao longo da superfície.



Fonte: (GASPAR, 2013)

A lei de Faraday, descoberta por ele experimentalmente, pode ser enunciada matematicamente em termos da variação desse fluxo magnético, na qual:

$$\varepsilon = - \frac{d\Phi_M}{dt} \quad (2.31)$$

Essa lei nos diz que a taxa de variação temporal do fluxo magnético que atravessa uma espira induz uma força eletromotriz ( $\varepsilon$ ) nela. Sabemos que a força eletromotriz induzida irá gerar uma corrente induzida ( $i$ ) na espira pela relação  $\varepsilon = Ri$ . Para uma bobina com  $N$  espiras a equação (2.31) fica:

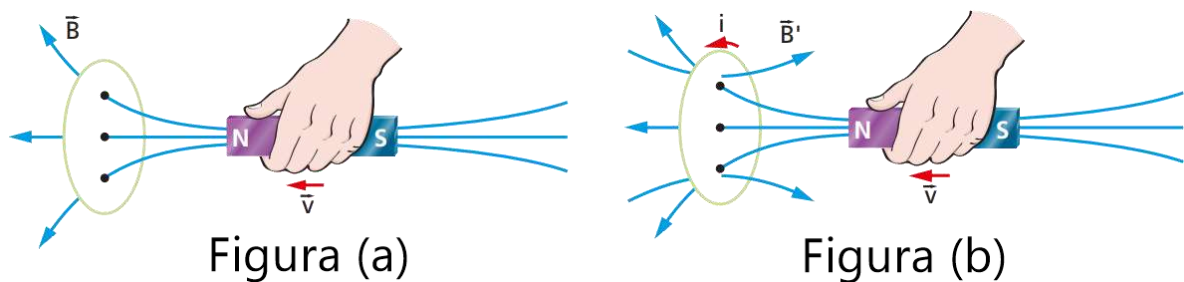
$$\varepsilon = Ri = - N \frac{d\Phi_M}{dt} \quad (2.32)$$

O sinal negativo da equação é consequência do trabalho de Heinrich Friedrich Lenz em 1834. Lenz afirma que o sentido da corrente induzida é aquele que tende a se opor à variação do fluxo através da espira, ou seja, como corrente elétrica gera campo magnético, a corrente induzida irá gerar seu próprio campo, cujo sua tendência será de oposição ao campo gerador.

Para exemplificar essa situação, imagine um imã em barras que se aproxima de uma espira com uma velocidade ( $\vec{v}$ ) (Figura 18a). O campo magnético ( $\vec{B}$ ) gerado pelo imã em barras ao se aproximar, faz com que o fluxo magnético varie, induzindo uma corrente na espira. A

corrente induzida por sua vez, irá gerar um campo magnético secundário ( $\vec{B}'$ ), cuja orientação das suas linhas de campo se opões ao campo magnético do imã. (Figura 18b).

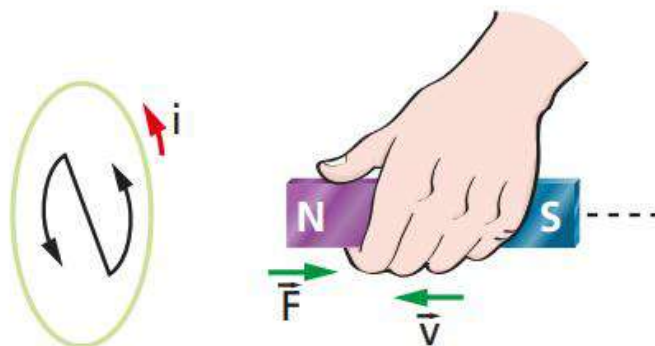
**Figura 18** - Figura (a) Imã em barras com campo magnético ( $\vec{B}$ ) se aproxima de uma espira; Figura (b) Corrente induzida gera campo magnético ( $\vec{B}'$ ) que se opõe ao campo magnético do imã.



Fonte: Adaptado de (CALÇADA, SAMPAIO, 2012)

Nessa situação (Figura 18), ao se aproximar um ímã em barras de uma espira, uma corrente no sentido anti-horário irá gerar um polo norte na face direita repelindo o ímã em barras (Figura 19). A lei de Lenz está diretamente ligada ao princípio de conservação de energia, pois se o sentido do campo magnético gerado ( $\vec{B}'$ ) não se opusesse ao campo magnético do ímã ( $\vec{B}$ ), o ímã seria atraído em direção a espira sem a necessidade de realizar nenhum trabalho, violando o princípio da conservação de energia.

**Figura 19** - Ao aproximar o ímã da espira, é gerado um polo norte na face da espira que acarretará uma força de repulsão sobre o ímã.



Fonte: (CALÇADA, SAMPAIO, 2012)

Com as contribuições de Faraday e Lenz, pode-se demonstrar matematicamente que a **Lei da Indução de Faraday-Lenz** é:

$$\varepsilon = \oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \frac{d\Phi_M}{dt} \quad (2.33)$$

A equação (2.33) é a lei da indução na forma integral e pode ser expressa na forma diferencial:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (2.34)$$

Onde a equação (2.34) corresponde a uma das equações de Maxwell e nos diz de maneira geral que um campo magnético variável com o tempo produz um campo elétrico.

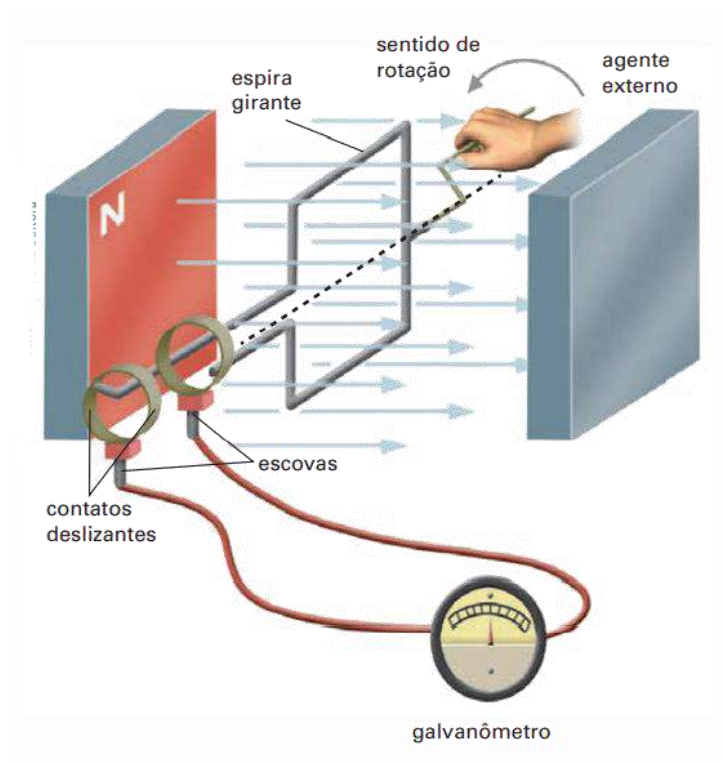
#### 2.4.5 GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA

Desde que a indução eletromagnética foi descoberta, foi vislumbrado a possibilidade de transformar energia mecânica em energia elétrica. Um dos elementos que trouxe essa possibilidade foi a criação do gerador elétrico. O elemento básico de um gerador está relacionado a uma espira condutora que gira no interior de um campo magnético. (Você também pode movimentar a fonte de campo magnético e deixar a espira fixa). Como sabemos pela equação (2.31), ao variar o fluxo magnético dentro de uma espira, uma corrente será induzida por uma força eletromotriz.

A Figura 20 mostra um esquema de um gerador elétrico básico, onde um agente externo exerce uma força para girar a espira em um campo magnético fixo. Quando a espira é rotacionada, a variação do fluxo ocorre de forma alternada. em um determinado intervalo de tempo, a quantidade de linhas de campo que atravessam a espira aumenta ( $\Delta\Phi_m > 0$ ), logo de acordo com a equação (2.32) a corrente induzida é **negativa**. Em outro instante de tempo a quantidade de linhas de campo que atravessam a área da espira diminui ( $\Delta\Phi_m < 0$ ), logo de acordo com a equação (2.32) a corrente induzida é **positiva**.



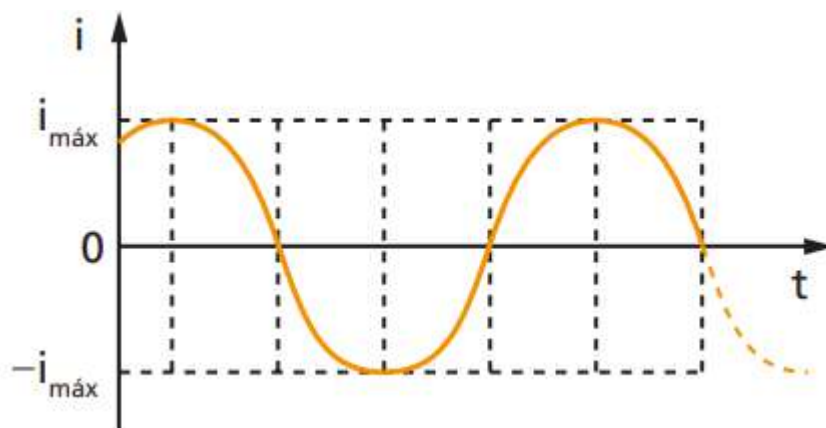
**Figura 17** - Exemplo de um gerador elétrico rotacionado por um agente externo.



Fonte: (GASPAR, 2013)

A partir dessa aplicação, nasce a possibilidade de gerar energia elétrica através de um trabalho mecânico, porém na forma de uma **corrente alternada**. No caso de uma frequência angular ( $\omega$ ) constante, o gráfico de como a corrente elétrica varia em função do tempo ( $i \times t$ ) tem um formato de uma senoide:

**Figura 18** - Gráfico da corrente elétrica em função do tempo.



Fonte: (CALÇADA, SAMPAIO, 2012)

As usinas elétricas utilizam esse princípio para gerar energia elétrica e fazer sua transmissão, nelas se utilizam grandes geradores e normalmente o que se altera é o tipo de energia mecânica que será utilizada para movimentar as turbinas dos geradores. No Brasil a maior parte da energia elétrica vem de usinas hidrelétricas, que utilizam a energia potencial gravitacional por meio das barragens d'água para poder transformar em energia elétrica.

## 2.5 MANGÁS E ANIMES NO ENSINO DE FÍSICA

Os mangás são histórias em quadrinhos de origem japonesa, fortemente presentes em sua cultura e difundida por todo o mundo, principalmente no Brasil, que possui a maior comunidade nipônica fora do Japão (CORREA, GOMES, 2012). Segundo reportagem<sup>3</sup>, 40% do que é impresso no Japão está relacionado com o mercado de mangá, e em 2006 movimentaram mais de 4 bilhões de dólares. Os mangás possuem algumas características distintas que os difere de outros quadrinhos no mundo. Primeiramente a ordem de leitura do mangá é diferente do que estamos acostumados no ocidente, sua leitura é feita de trás para frente, no sentido da direita para esquerda e seu design e estilo de traço são particulares, com a formatação das páginas em preto e branco. Um mangá pode ganhar uma adaptação animada, popularmente conhecido como *anime*. No Brasil os mangás e animes são amplamente consumidos por um público jovem, que é exatamente o público-alvo de um professor durante o Ensino Médio.

De acordo com Von Linsingen (2008) os mangás possuem um enredo em busca de uma identificação, possuindo discursos e uma temática atrativa de modo que haja uma maior interatividade entre a leitura e o leitor. A narrativa atraente e o visual diferenciado, faz do mangá/anime possa ser visto como ferramenta pedagógica interessante a ser utilizada. Testoni e Abib (2003), trazem algumas funções pedagógicas que podem ser atribuídas aos mangás:

- **Função ilustrativa:** o Mangá representa fenômenos e situações através de gráficos;
- **Função explicativa:** o Mangá contextualiza determinada situação de forma completa para uma maior compreensão;

---

<sup>3</sup> GOTO, Marcel; Quando surgiram os primeiros mangás e animes? 18 de abril, 2011. Disponível em: <https://super.abril.com.br/mundo-estranho/quando-surgiram-os-primeiros-mangas-e-animes/>. Acesso em: 22/01/2021

- **Função motivadora:** o Mangá estimula o aluno a pesquisar melhor o tema para poder acompanhar a história. Para isso inserem determinada situação no enredo sem explicação prévia. Podemos dizer que ele abre janelas de oportunidade para ampliar o conhecimento do aluno;
- **Função instigadora:** o Mangá leva os alunos a pensar sobre o assunto através da narrativa apresentada.

Essas funções pedagógicas podem ser utilizadas no ensino de física de diversas maneiras, sendo, no presente trabalho, utilizada principalmente como uma função instigadora, que irá gerar interesse e criar uma abordagem lúdica e contextualizada dentro da narrativa de uma anime/mangá já conhecido e popularizado no Japão, o Dr. Stone.

Há poucos trabalhos que relacionam a utilização dos mangás e animes dentro do ensino de física, nas minhas pesquisas, não achei nenhum que estivesse dentro da metodologia do ensino por investigação. Dentro da parte do eletromagnetismo, destaco o trabalho (PINTO, 2018) que utiliza o mangá como ferramenta motivadora para construir uma história em quadrinhos com a colaboração dos alunos para o ensino de magnetismo, intitulada de “Uma jornada magnética”. Na maior parte dos outros trabalhos pesquisados, a utilização dos quadrinhos está relacionada a criação de tirinhas como em (CARUSO, DE FREITAS, 2009), que utiliza as histórias em quadrinho como suporte para uma abordagem lúdica para ensinar física moderna, ou análise de quadrinhos americanos (HQs) de super-heróis como em (DE OLIVEIRA, FERREIRA, 2019) onde foram realizadas oficinas nas quais os heróis eram utilizados para apresentar e exemplificar os fenômenos e conceitos da física, sendo esse tema geralmente o mais abordado nos trabalhos acadêmicos encontrados. A produção de trabalhos envolvendo animes no ensino de física é ainda mais ausente, sendo encontrado somente um artigo (DOS SANTOS, DE MENESES, 2019) que utiliza o anime Pokémon como abordagem lúdica para o ensino de ciências (física e química).

Além dos trabalhos acadêmicos, a utilização de mangás no ensino de física está presente no Brasil em uma coleção de livros intituladas de “Guia Mangá de Física: Mecânica Clássica” (NITTA, TAKATSU, 2010), “Guia Mangá: Relatividade” (NITTA, TAMAMOTO, TAKATSU, 2011) e “Guia de Mangá: Eletricidade” (FUJITAKI, 2010) que inspiraram muito a ideia desse trabalho. O livro traz um enredo no formato de mangás com uma história onde os personagens interagem motivados a entender a física, principalmente relacionando situações do cotidiano. Além da parte das ilustrações e história, o livro também reserva uma seção no final de cada tópico para uma explicação mais tradicional, com texto corrido. No prefácio do livro

(NITTA, TAKATSU, 2010), o autor fala que, para física, é muito importante a visualização do que você deseja examinar e comenta sobre a importância dos quadrinhos:

Os quadrinhos não são apenas simples ilustrações: eles são um meio dinâmico e expressivo que pode representar o fluxo do tempo. Ao usar quadrinhos, é possível expressar vivamente mudanças em movimento. Os quadrinhos também podem transformar leis aparentemente severas e cenários irrealistas em imagens familiares, amistosas e fáceis de entender. Além disso, os quadrinhos são divertidos. (NITTA, TAKATSU, 2010)

Visando essa dinâmica oferecida pelos quadrinhos e animações, a intenção desse trabalho é utilizar esses recursos atrativos como meio instigador para conquistar a atenção e facilitar a visualização dos alunos da situação problema proposta.

**Figura 22 - Capas dos livros "Guia Mangá"**



Fonte: (NITTA, TAKATSU, 2010), (NITTA, TAMAMOTO, TAKATSU, 2011) e (FUJITAKI, 2010)

### 2.5.1 MOTIVAÇÕES PARA USAR O MANGÁ/ANIME DR. STONE

Nesse trabalho será utilizado um mangá e anime, o Dr. Stone, para uma abordagem de situações problemas ligados ao conteúdo de eletromagnetismo. Dr. Stone é uma série que conta a história de Senku Ishigami, um jovem cientista que vive em um mundo pós apocalíptico onde quase todos seres humanos foram transformados em pedra. Após três mil anos, o mundo voltou a idade da pedra, e Senku tenta reconstruir a civilização utilizando seu conhecimento científico para restaurar a tecnologia e desfazer o processo de petrificação. Durante sua jornada, o personagem se depara com várias situações problemas que só consegue resolver devido seu pensamento científico e compreensão das leis físicas.

Algumas partes do mangá e anime tratam de situações relacionadas ao conteúdo de eletromagnetismo, onde em determinado momento da história, o personagem precisa gerar energia elétrica em um mundo sem tecnologia.

Devido as inúmeras situações problemas que os personagens são submetidos durante a história, alguns acontecimentos se mostram interessantes a serem trabalhados do ponto de vista pedagógico, para serem utilizados como ferramenta instigadora. Como a série está publicada em mangá e também possui uma adaptação animada, os dois formatos podem ser utilizados durante a preparação da sequência didática. Durante a apresentação da situação problema, pode-se utilizar tanto o formato em mangá quanto a animação, ambos os casos seguem praticamente o mesmo roteiro e podem ser adaptados para a problematização.

A série contextualiza o problema desde o início, em determinado momento o personagem encontra um ímã natural e utiliza-o para se localizar (bússola), podendo se para trabalhar aspectos de campo magnético, magnetização, polaridade dos ímãs e campo magnético terrestre. Além disso, utiliza o ímã para reunir ferro na tentativa de produção de um ímã mais poderoso (artificial), podendo-se trabalhar aspectos da relação entre eletricidade e magnetismo, lei de Ampere, força magnética e campo magnético gerado por um fio condutor. A Figura 23 mostra alguns desses momentos no mangá:

**Figura 19** - Momentos do mangá de "Dr. Stone" onde os personagens conquistam alguns materiais em busca da energia elétrica.

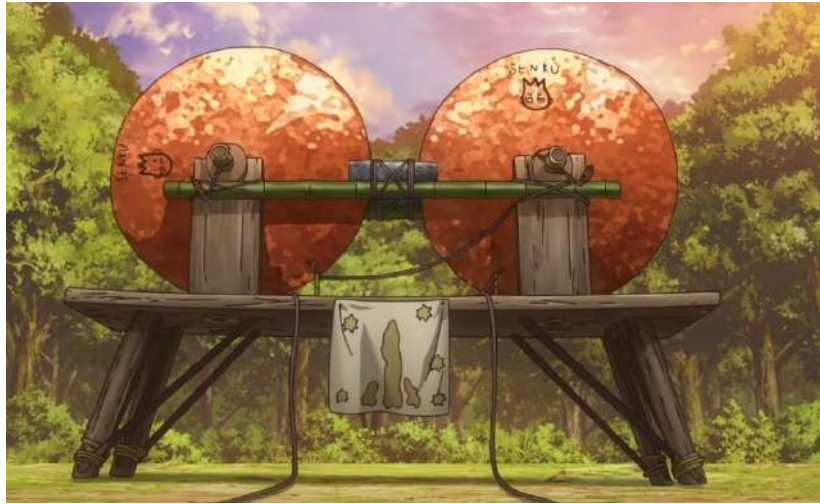


Fonte: (INAGAKI, BOICHI, 2019)

Ainda sobre situações interessantes a serem utilizadas na série, temos a construção de um gerador elétrico pelo personagem, podendo se trabalhar a ideia de variação de fluxo magnético e lei de Faraday-Lenz. Também temos a parte onde o personagem consegue utilizar

o gerador para produzir luz, podendo se trabalhar a ideia de conversão de energia e a produção de energia elétrica do ponto de vista das usinas. A Figura 24 mostra o gerador construído pelo personagem em cena retirada da adaptação animada.

**Figura 20** - Gerador elétrico construído no anime de Dr. Stone.



Fonte: Crunchyroll (<https://www.crunchyroll.com/pt-br>)

No Apêndice B está descrito minuciosamente a respeito de como as situações do mangá/anime serão utilizadas no produto educacional e como elas foram elaboradas.

### 3 METODOLOGIA

Nesse capítulo serão descritos os parâmetros metodológicos para embasar e qualificar uma pesquisa qualitativa em ensino. Como aponta Moreira (2003, p.5), “o fenômeno de interesse da pesquisa em ensino tem a ver com ensino, aprendizagem, avaliação, currículo e contexto”.

Na primeira parte serão descritos os aspectos metodológicos relacionadas ao ensino, os livros didáticos e de que maneira o currículo aborda o conteúdo de Eletromagnetismo, uma descrição do local que será aplicado o produto e uma breve descrição do seu roteiro. Na segunda parte a descrição consiste exclusivamente na metodologia da pesquisa, explicitando as condições de uma pesquisa de cunho qualitativa e seus viés, definindo os sujeitos da pesquisa, descrevendo os instrumentos que serão utilizados para coleta de dados e o procedimento de análise de dados.

#### 3.1 O ENSINO

##### 3.1.1 O ENSINO DE ELETROMAGNETISMO

O ensino de Eletromagnetismo está geralmente atrelado aos anos finais do Ensino Médio, de acordo com o Currículo Mínimo do Rio de Janeiro (RIO DE JANEIRO, 2012), sua aplicação está vinculada a 3ª série sendo ministrado no 2º Bimestre dentro do campo: “Magnetismo – Imã – Magnetismo Terrestre – Fluxo – Indução”. Mais recentemente o BNCC (2018) traz em seu texto habilidades e competências gerais dentro da área de Ciências da Natureza para nortear os professores com uma base necessária a ser atingida pelos alunos. Como as competências e habilidades são parâmetros gerais, o tema do Eletromagnetismo está relacionado em vários tópicos no texto, porém, mais explicitamente na Competência Específica 1 - Habilidade (EM13CNT107):

Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade. (BRASIL, 2018, p. 555).

Irei comentar de que maneira alguns livros textos trabalham e apresentam o conteúdo de Eletromagnetismo, ressaltando suas particularidades. Escolhi três livros que julguei terem propostas diferentes ao longo da sua construção e formulação do conteúdo, o primeiro possui uma abordagem mais tradicional: Física Clássica (CALÇADA; SAMPAIO, 2012), o segundo um autor com uma proposta mais voltada para história da ciência, interdisciplinaridade e a parte experimental: Compreendendo a Física (GASPAR, 2013) e o terceiro uma abordagem mais inovadora e que visa o contexto social e o cotidiano do aluno: Leituras de Física GREF (GREF, 2005).

No livro Física Clássica, a divisão do conteúdo de Eletromagnetismo se dá em quatro capítulos: O campo magnético; A força magnética; Fontes de campo magnético; Indução eletromagnética. Nesse livro o conteúdo é ministrado de forma bem detalhada e com uma riqueza muito grande, sempre que possível o autor mostra as deduções matemáticas e explica minuciosamente a teoria, sendo um de seus pontos fortes, as inúmeras questões de problemas resolvidos e seus exercícios pontuais de aplicação e reforço. É um livro que mesmo seguindo uma linha tradicional e sendo bem denso, pode ser usado para um aprofundamento no conteúdo e treinamento de exercícios.

No livro Compreendendo a Física, a divisão do conteúdo é feita em uma parte da unidade três do livro, nos seus três capítulos: Campo magnético; Campo magnético e corrente elétrica; Indução Eletromagnética. Nesse livro o conteúdo é apresentado de forma menos densa, porém ainda mantendo o rigor técnico e a qualidade na explicação. O autor Alberto Gaspar traz uma proposta mais interdisciplinar com boxes de conexões no decorrer do capítulo e uma sessão interdisciplinar no final de cada unidade. O autor mostra no final de cada capítulo, uma atividade experimental prática, para que os alunos possam desenvolver em casa ou em conjunto com o professor e colegas, o que torna esse livro muito interessante no aspecto da proposta do presente trabalho com o Ensino por Investigação. A introdução dos capítulos é sempre feita em uma abordagem do ponto de vista da história da ciência, o que dá um contexto e um significado muito grande na leitura da parte teórica. Além disso, o autor também apresenta de forma mais discreta no final de cada unidade uma sessão somente com exercícios do ENEM e de outros vestibulares.

No livro Leituras de Física GREF, a divisão do conteúdo foge do que é normalmente apresentado nos currículos tradicionais, tendo sua divisão focada em situações problemas e práticas do cotidiano dos alunos. Na parte de Eletromagnetismo, o livro é dividido em tópicos que reforçam sempre alguma coisa presente na rotina dos alunos como: Motores elétricos, dínamo de bicicleta, transformadores no circuito, campainhas e medidores elétricos... Dessa



forma, utilizando uma linguagem mais fácil e com bastante ilustrações e experimentos ligados a realidade dos alunos, esse livro serve bastante como uma base para confecção das ideias do produto educacional.

### 3.1.2 A SALA DE AULA

A proposta será aplicada em uma escola pública federal na cidade de São João da Barra – RJ. A sala de aula tem uma boa estrutura, fornecendo para o professor recursos do quadro branco, televisão e notebook que pode ser solicitado a qualquer momento. A sala é bem espaçada para o número de alunos, o que favorece para realização de algumas dinâmicas em grupos e é climatizada.

### 3.1.3 ROTEIRO DO PRODUTO

O produto educacional foi idealizado a partir da esquematização de uma SEI. No capítulo 4, me atentarei a detalhar sua elaboração, mas nesse tópico falarei um pouco do resumo da sua estrutura, assim como mostra a Figura 25:

**Figura 21** - Estrutura geral da SEI



Fonte: Autoria Própria

De modo geral, a SEI é composta por **três blocos**, que coincidem com a sequência prevista em um dos livros utilizados para preparação das aulas (CALÇADA; SAMPAIO, 2012), onde cada aula representa um encontro por semana de 100 minutos (2 tempos de aula). Ao decorrer dos blocos, foram escolhidos problemas abertos e demonstração investigativas para serem aplicadas e discutidas com referência no tema abordado. A intenção da SEI é construir, ao longo dos blocos, as competências e habilidades necessárias para a realização de uma Oficina de Criação no final do bimestre. Caso o professor tenha necessidade, pode reservar um espaço para aplicação de uma avaliação tradicional escrita, visto que em muitas escolas é obrigatório a aplicação de um instrumento avaliativo desse tipo, sendo atrelado ao calendário escolar.

No **Bloco 1**, a sequência inicia com a apresentação da situação problema do bimestre relacionando com o universo de Dr. Stone e a discussão sobre o capítulo 16 do livro “O campo magnético”, estando associado a esse bloco: aplicação de um questionário introdutório, discussão do problema aberto e demonstração expositiva, parte expositiva e aplicação de testes conceituais.

No **Bloco 2**, a sequência está relacionada com os capítulos 17 e 18 do livro “A Força magnética” e “Fontes de campo magnético”, estando associado a esse bloco: discussão do problema aberto e demonstração expositiva, parte expositiva, debate sobre como são criados ímãs artificiais a partir de um vídeo e aplicação de testes conceituais.

No **Bloco 3**, a sequência está relacionada com o capítulo 19 do livro “Indução Eletromagnética”, estando associado a esse bloco: demonstração investigativa, parte expositiva, debate sobre a geração de energia elétrica, atividade prática utilizando cenas do mangá.

Ao finalizar cada bloco, os alunos irão “obter” materiais, assim como o personagem da história obtém após resolver um determinado problema. Esses materiais serão colocados em uma caixa ao longo das aulas e serão utilizados durante a **Oficina de Criação do Reino da Ciência**. Nessa oficina os alunos, formando grupos, terão como objetivo de ascender um LED utilizando os materiais coletados, e além disso, precisarão entregar um manual com o passo a passo do que foi produzido.

#### 3.1.4 ATIVIDADES INVESTIGATIVAS

Uma das partes mais importantes para o sucesso de uma SEI, está relacionada com as atividades investigativas, na qual os alunos serão confrontados e instigados a desenvolverem um pensamento científico. O ensino por investigação, de acordo com Zômpero e Laburú (2011,

p.73), não tem mais o objetivo de somente formar cientistas como na década de 1960. Atualmente os alunos são levados a desenvolverem atividades investigativas para auxiliar no seu desenvolvimento cognitivo, aguçando sua capacidade de argumentação, formulação de hipóteses e análise de dados.

As atividades investigativas são baseadas em problemas que podem ser experimentais ou não experimentais, segundo Carvalho (2013, p.10) não importa o tipo de problema seja escolhido, ele deve seguir alguns critérios para levar os alunos a terem oportunidade de levantar e testar suas hipóteses e deve ser preparado com um planejamento do professor simultaneamente ao material didático. O problema experimental é provavelmente o mais tradicional quando se fala de física, podendo ser distribuído para os alunos manipularem um determinado experimento ou, como será feito nesse trabalho, a partir da manipulação do aparato e apresentação para turma, uma **demonstração investigativa**. O problema não experimental pode ser proposto a partir de figuras, textos ou até mesmo a partir das ideias que os alunos já dominam, no caso nesse trabalho, será utilizado situações problemas geradas no mangá de Dr. Stone para definir um **problema aberto**, no qual os alunos poderão levantar suas hipóteses.

O termo “demonstração investigativa” será utilizado nesse trabalho para designar atividades de demonstração experimentais que possibilitem apresentar fenômenos e conceitos físicos priorizando uma abordagem qualitativa do seu fenômeno. Segundo Gaspar e Monteiro (2016), as atividades de demonstração têm alguns pontos que favorecem sua aplicação como, a possibilidade de ser realizada em um equipamento para todos os alunos, a facilidade de aplicá-la em uma sala de aula sem precisar de um laboratório específico, e a possibilidade da utilização em meio a uma apresentação teórica sem a quebra de uma continuidade conceitual. Basicamente em uma demonstração experimental investigativa, o professor assume o papel de manusear e apresentar o experimento, mas é importante destacar como aponta Carvalho (2013) que o desenvolvimento da progressão da demonstração deve acompanhar sempre perguntas de modo a dar tempo para os alunos levantarem hipóteses e indicarem soluções.

O termo “problema aberto” será utilizado nesse trabalho para designar perguntas relacionadas a situações problemas em que o personagem do mangá é submetido ao longo da progressão da história. De modo geral:

Problemas abertos, por definição, não possuem soluções pré-estabelecidas; apresentam estado inicial só parcialmente conhecido; referem-se a um evento do mundo real, com resultados consistentes com a realidade e exigem que os alunos

façam julgamentos e elaborem argumentação para defender suas soluções.  
(OLIVEIRA, ARAUJO, VEIT, p.1, 2017)

Os problemas abertos dão aos alunos uma liberdade intelectual e uma margem para formularem suas hipóteses sem estar preso a uma única linha de raciocínio como na maioria dos problemas que são apresentados nos livros textos. É necessário a condução do professor durante toda discussão do problema e a reunião das hipóteses apresentadas para serem confrontadas com a teoria científica e os motivos para que elas sejam descartadas ou aceitas.

### **3.2 A PESQUISA**

No âmbito de uma pesquisa qualitativa, o pesquisador está interessado na análise dos sujeitos dentro de um contexto social, elucidando seus significados, ações e interações. Diferente de uma pesquisa quantitativa, segundo Moreira (2005) o pesquisador em ensino não está preocupado em inferências estatísticas, mas sim, em um enfoque descritivo e interpretativo dos dados coletados, se concentrado em uma narrativa, que só terá validade para o leitor quando o mesmo concordar com suas interpretações. Chama-se atenção para esse ponto que, em uma pesquisa qualitativa, você pode utilizar dados numéricos para análises e discussões, desde que se apresente em conjunto uma minuciosa descrição do contexto e da percepção do pesquisador. O pesquisador interpretativo irá concentrar sua narrativa nos resultados e enriquecê-la com anotações, trechos de entrevistas, questionários, detalhamento de suas anotações, trabalhos dos alunos, para convencer e persuadir o leitor, que fará seu julgamento a partir das evidências apresentadas.

A pesquisa qualitativa é um termo geral, que pode designar várias abordagens como: Pesquisa etnográfica, participativa observacional, fenomenológica construtivista, antropológica cognitiva e o que será utilizada no presente trabalho, o estudo de caso. O estudo de caso na pesquisa educacional, segundo André (2013), tem sentido de focalizar um fenômeno particular, levando em consideração o seu contexto e suas múltiplas dimensões, além de valorizar o aspecto unitário, ressaltando a necessidade de uma análise mais aprofundada. De acordo com Ventura (2007, p.384 apud YIN, 2001) “O estudo de caso represente uma investigação empírica e compreende um método abrangente, com a lógica do planejamento, da coleta e da análise de dados.” Sendo assim, é fundamental a aproximação e inserção do pesquisador nas situações e no contexto social em conjunto aos sujeitos da pesquisa.

O estudo de caso como estratégia de investigação em ensino é abordado por vários autores (YIN, 1993 e 2001; STAKE, 1999; RODRIGUEZ *et al*, 1999) e segundo Ventura (2007, p. 385, apud GIL, 1995) o estudo de caso não possui um roteiro concreto para sua delimitação, mas pode-se definir quatro fases que baseiam sua estrutura: a) delimitação da unidade-caso; b) coleta de dados; c) seleção, análise e interpretação dos dados; d) elaboração do relatório.

A delimitação da unidade caso será feita e descrita no tópico que descreve os sujeitos da pesquisa, a coleta de dados será exemplificada de forma pragmática na parte de instrumentos a serem utilizados na pesquisa, e a seleção, análise e interpretação dos dados tal qual a elaboração do relatório, serão descritos a partir da Análise de Conteúdo de Bardin.

### 3.2.1 OS SUJEITOS

Os sujeitos da pesquisa são alunos da 3ª série do Ensino Médio integrado ao curso técnico de petróleo e gás. Os alunos formam turma única, apresentando cerca de dezessete alunos na classe, e como no decorrer da aplicação do produto será necessária uma troca de informações muito grande entre o professor e aluno, o número reduzido de alunos irá favorecer essa abordagem. Os alunos possuem aulas de física pela manhã, mas desempenham atividades ao longo de dois turnos, alguns possuindo bolsas, atuando como monitores ou em laboratórios.

A turma teve contato com o professor somente a partir do início da aplicação das aulas referente ao produto, sendo as aulas totalmente conduzidas a partir desse ponto por mim. Os alunos serão orientados desde o início do terceiro bimestre do ano letivo a respeito da particularidade da metodologia que será aplicada. Durante a aplicação do produto, os alunos irão se dispor em fileiras, porém durante as demonstrações investigativas, faremos um círculo com as carteiras para facilitar a visualização e o debate sobre o experimento.

### 3.2.2 OS INSTRUMENTOS

Nesse tópico serão apresentados os instrumentos que serão utilizados na aplicação do produto educacional, a fim de coletar dados que contemplarão uma discussão minuciosa a respeito de seus resultados, confrontando-os com o referencial teórico no capítulo 5. Durante a SEI, serão aplicados instrumentos como:

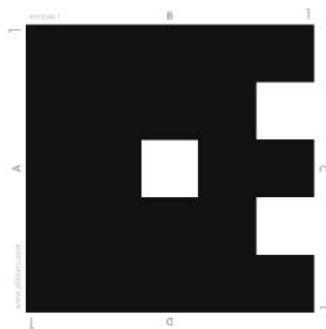
- Um **questionário** para coletar a evolução da aprendizagem dos alunos com perguntas gerais sobre os temas que serão trabalhados ao longo das aulas (será feita na primeira

aula da sequência didática a partir de um formulário disponibilizado para os alunos e o mesmo questionário será aplicado no término da última aula);

- **Transcrições de gravações** em vídeos/áudios feitos pelo professor durante o debate de situações problemas apresentados nos problemas abertos e demonstrações investigativas (No primeiro encontro será disponibilizado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido TCLE para os alunos levarem para os pais assinarem visando a permissão da gravação e a utilização dos dados garantindo sempre o anonimato);
- **Análise da atividade de mangás** que será realizada pelos alunos montando sua narrativa em balões de falas de personagens da história a respeito do tema abordado;
- **Análise do Manual** confeccionado pelos alunos durante a construção do gerador elétrico na Oficina de Criação;
- **Observação participante** feita pelo pesquisador ao longo da aplicação da SEI;
- **Testes conceituais** no final de cada bloco com auxílio do aplicativo *Plickers*.

O aplicativo *Plickers* será utilizado durante as votações feitas pelos alunos ao final de cada bloco afim de revisitar os conceitos mais importantes trabalhados naquele conteúdo. O *Plickers*, se apresenta como uma ferramenta muito interessante para ajudar na coleta de respostas dos alunos. O aplicativo disponibiliza até 63 *QR CODES* (Figura 26), de forma gratuita, que o professor pode distribuir para os alunos. Cada posição do *QR CODE* representa uma alternativa da questão, e o professor pode coletar todas as respostas com a câmera do celular e ter imediatamente a porcentagem dos acertos das respostas dos alunos, facilitando muito no procedimento de votação e na aplicação do método *Peer Instruction*. Atualmente o *Plickers* conta com o modo “*E-Learning*” e “*Hybrid Mode*” para utilizar os formatos de aula online e ensino híbrido.

**Figura 22** - Exemplo de *QR CODE* do aplicativo *Plickers*.



Fonte: Plickers (<https://help.plickers.com/hc/en-us/articles/360008948034-Get-Plickers-Cards>)

O interessante do aplicativo para utilização em aulas presenciais, é o fato que o *Plickers* não necessita com que os alunos tenham acesso à internet ou estejam portando nenhum tipo de aparelho. A projeção das questões e a coleta de respostas só irá depender do professor possuir um computador e um smartfone, facilitando a utilização mesmo em lugares onde os alunos não possuem acesso a esses equipamentos. Para utilizar o *Plickers* o professor precisa se cadastrar no site e baixar o aplicativo no celular, a Figura 27 mostra resumidamente os passos para sua utilização, mas como o site está em inglês, foi feito um tutorial detalhado que está no Apêndice A.

**Figura 23** - Resumo de como usar o aplicativo Plickers.



Fonte: Autoria Própria

### 3.2.3 ANÁLISE DE DADOS

Para consolidar uma base teórica na análise dos dados coletados, será aplicado de forma sistemática a técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (2011). Segundo Silva e Fossá (2015, p.3), a análise de conteúdo pode ser definida com um conjunto de instrumentos metodológicos que tem por objetivo analisar diferentes fontes de conteúdo que, de acordo com

Franco (2008, p. 13), tem como fonte de partida uma mensagem, seja ela verbal (oral ou escrita), gestual, silenciosa, figurativa, documental ou diretamente provocada. A análise de conteúdo, caracteriza-se como uma pesquisa de cunho descritivo que exige do pesquisador um rigor metodológico, disciplina, dedicação, paciência e ética.

A fim de sistematizar a condução da análise dos dados, Bardin (2011) e Franco (2008) dividem três etapas técnicas que irão servir como meio norteador do desenvolvimento da pesquisa.

A primeira fase é a **Pré-Análise**, que busca uma organização e corresponde a um primeiro contato com o material a ser analisado. Segundo Franco (2008, p. 47), a primeira fase possui alguns encargos, que não precisam se suceder em ordem cronológica obrigatoriamente, como: a escolha dos documentos a serem submetidos à análise, formulação dos objetivos/hipóteses e a elaboração de indicadores que fundamentem a interpretação final. Em suma pode-se atribuir algumas atividades a pré-análise como:

- 1) Leitura flutuante: é o primeiro contato do pesquisador com as fontes documentais a serem analisadas, resultados da coleta de dados;
- 2) Escolha dos documentos: consiste na demarcação do universo a ser analisado, ou seja, o gênero de documentos que vão constituir o corpus a ser submetido aos procedimentos analíticos;
- 3) A formulação das hipóteses: trata-se de um conjunto de afirmações provisórias apoiados por uma instância exterior que permanecem em estado de inconclusão até serem submetidos à prova de dados fidedignos;
- 4) A referência aos índices e a elaboração de indicadores: consiste na identificação da frequência relativa ou absoluta do tema escolhido por meio de índices presentes no material analisado.

Franco (2008) ressalta algumas regras que devem ser obedecidas na análise dos dados, na qual segundo Bardin (2011, p.96) “sua constituição implica escolhas, seleções e regras”. Podemos destacar então:

- Regra da Exaustividade: Uma vez definido o corpus a ser analisado é necessário considerar todos os elementos;
- Regra da Representatividade: Pode-se efetuar a análise a partir de uma amostra, desde que o material coletado seja extremamente volumoso, sendo muita das vezes



preferível reduzir o universo de análise para garantir maior relevância, significado e consistência;

- Regra da Homogeneidade: O material analisado não pode apresentar demasiada singularidade que extrapole os critérios e objetivos definidos;
- Regra da Pertinência: os documentos selecionados devem apresentar um conteúdo relevante enquanto fonte de informação, de modo a ser necessário uma análise.

Após a coleta de dados com auxílio dos instrumentos comentado no tópico anterior, o pesquisador deverá reunir todos os documentos selecionados para tratar as informações selecionadas partindo para a segunda fase, a **exploração do material** reunido. Nessa fase o pesquisador deve definir quais são suas Unidades de Análise, que se dividem em Unidades de Registo e Unidades de Contexto.

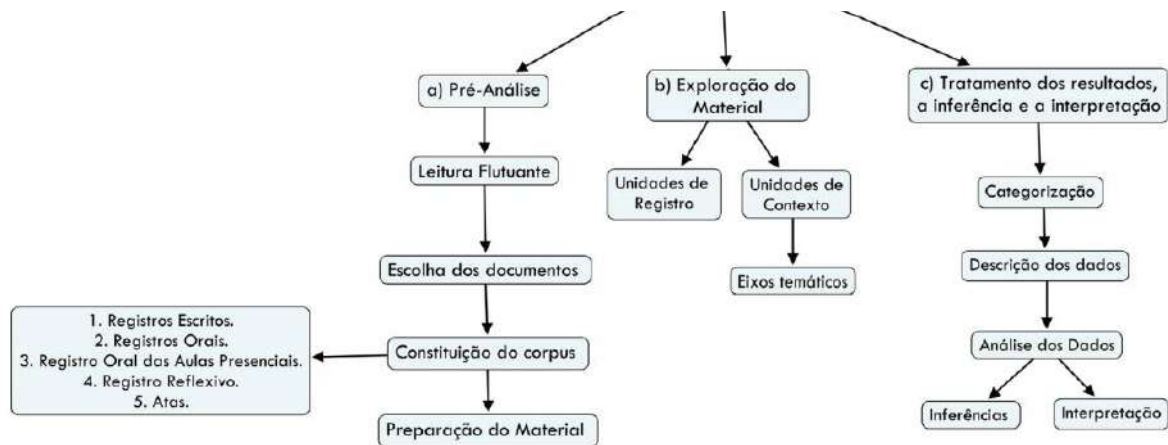
“A Unidade de Registro é a menor parte do conteúdo, cuja ocorrência é registrada de acordo com as categorias levantadas” (FRANCO, 2008, p.37). Sua caracterização é feita por tipos, que estão inter-relacionadas, podendo ser: a palavra, o tema, o personagem, o item. No presente trabalho a Unidade de Registro será separada por temas, pois de acordo com Franco (2008, p.39) “o tema é considerado como a mais útil unidade em análise de conteúdo. Indispensável em estudos sobre propaganda, representações sociais, opiniões, expectativas, valores, conceitos, atitudes e crenças”. Essa unidade será utilizada para sistematizar os dados coletados pelos instrumentos, a fim de caracterizar componentes racionais, ideológicos, afetivos e emocionais durante a análise.

A Unidade de Contexto são definidas por Franco (2008) como um “pano de fundo” que dá sentido e contexto às Unidades de Análise. Elas podem ser explicitadas via tabelas de caracterização, juntos com as Unidades de Registro, deixando claro o contexto na qual foram elaboradas e podem ser relatadas na forma histórias de vidas, depoimentos pessoais, conjunto de palavras, frases. Essa unidade irá auxiliar a sistematização dos temas separados pela Unidade de Registro, a fim de encontrar recorrências e não recorrências entre eles, podendo constituir alguns eixos entre eles.

Por fim a terceira fase é a parte do tratamento dos resultados, com as **inferências e interpretações** dos dados coletados. Por meio da caracterização produzida por meio dos tópicos anteriores, geralmente feito com o auxílio de tabelas, o pesquisador irá fazer uma análise comparativa através da justaposição dos dados coletados e organizados. Nessa etapa é importante o confronto com o referencial teórico, ressaltando os aspectos considerados semelhantes e os que forem concebidos como diferentes.

Na Figura 28 é sintetizado o método da análise de conteúdo e um resumo das suas principais etapas:

**Figura 24** - Resumo do método da análise de conteúdo.



Fonte: (MENDES, MISKULIN, 2017, p. 1051)

## 4 DESCRIÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

Nesse capítulo será descrito as características gerais e específicas do produto educacional que será desenvolvido como fruto final do projeto de mestrado. Como comentado anteriormente no capítulo 3, o produto educacional proposto será uma SEI que irá contemplar um bimestre inteiro composto por oito semanas de aula. Para facilitar a apresentação e a organização da sequência, a SEI foi separada em três blocos que estão ligados com os conteúdos trabalhados em cada etapa e um bloco final ligados a uma oficina de criação e uma avaliação escrita que serão partes de um processo de avaliação. A **descrição mais detalhada** do produto com todos os links, listas e anexos estará no final desse documento, no **Apêndice B**.

**Tabela 3** - Dados gerais da sequência didática

<b>Dados da Sequência Didática</b>	
Professor:	Pedro Augusto do Amaral Moreira Mancini Moll
Disciplina:	Física
Tema:	Eletromagnetismo
Turma:	3ª Série – Ensino Médio
Bimestre:	3º Bimestre
Duração da Aula:	100 minutos
Número de Aulas:	5 aulas

### 4.1 BLOCO 1: MAGNETISMO E CAMPO MAGNÉTICO

#### **AULA 01 - Introdução e apresentação do universo de Dr. Stone. A busca pelos ímãs e o campo magnético.**

##### 1) Objetivos

- Inserir os alunos em um universo de ficção para instigar a participação nas aulas;
- Instigar o processo de argumentação e hipóteses de cunho investigativos por meio de situações problemas e experimentos demonstrativos;
- Identificar as propriedades de um ímã;
- Associar os polos magnéticos aos polos geográficos terrestres;

- Obter um feedback do processo de aprendizagem por meio de testes conceituais e a socialização entre os alunos.

## 2) Conteúdos

- Magnetismo;
- Imãs;
- Campo Magnético.

## 3) Procedimentos Metodológicos

- **Apresentar a situação problema:** Se estivéssemos em um mundo de pedra, sem acesso a nenhuma tecnologia, só podendo contar com nossos conhecimentos e com os recursos que a natureza nos proporciona, como faríamos para produzir energia elétrica? (10 minutos);

- **Problema aberto 01:** Quais materiais devemos procurar para construir nosso gerador elétrico? (No final da discussão mostrar como foi solucionado pelo Dr. Stone) (Figura 29) (10 minutos);

**Figura 25** - Processos demonstrado no anime Dr. Stone para produzir eletricidade.



Fonte: Crunchyroll (<https://www.crunchyroll.com/pt-br>)

- **Demonstração investigativa 01 - Carrinho Magnético:** Utilização de carrinhos no formato da imã (Figura 30a) para fazer com que os alunos compreendam a existência de dois polos

distintos e a existência de uma ação de forças a distância que depende da interação entre os polos (20 minutos);

O experimento apresentado tem como intenção despertar nos alunos a formulação de algumas hipóteses, que podem ser instigadas pelo professor com perguntas como:

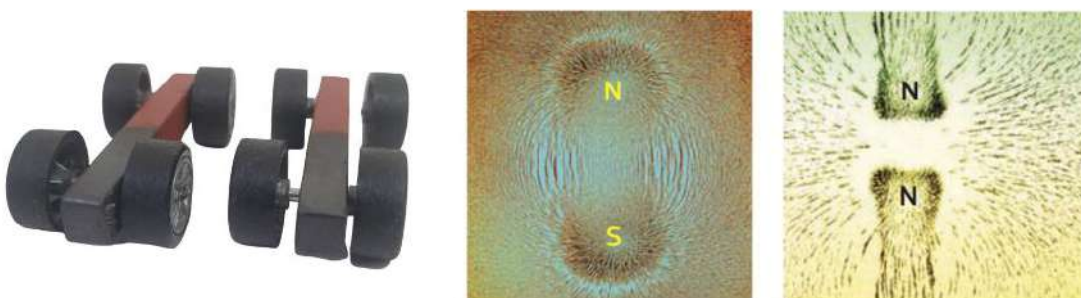
- O que acontece se eu aproximar duas partes pintadas iguais do ímã? E partes pintadas de cores diferentes? Por quê?
- Se eu aproximar um clipe ou uma moeda do carrinho ímã o que vai acontecer? Por quê?
- Se eu aproximar um pedaço de madeira ou uma borracha do carrinho ímã o que vai acontecer? Por quê?

**- Demonstração investigativa 02 - Bússola e as linhas de Campo Magnético:** Experimento de demonstração das linhas de campo magnético utilizando o ímã e as limalhas de ferro e a relação entre o campo magnético e bússola (Figura 30b). A demonstração é feita sempre com perguntas por parte do professor e deixando os alunos formularem suas hipóteses e discutirem o fenômeno observado. (20 minutos);

O experimento apresentado tem como intenção despertar nos alunos a formulação de algumas hipóteses, que podem ser instigadas pelo professor com perguntas como:

- O que faz a limalha de ferro se organizar dessa maneira?
- Por que nas extremidades dos ímãs a concentração de limalha é maior?
- Por que dependendo da posição dos ímãs as limalhas se organizam de forma diferente?

**Figura 30 – (a) Carrinhos magnéticos usados na demonstração investigativa (b) Visualização das linhas de campo com a limalha de ferro.**



Fonte: Adaptado de (GASPAR, 2013)

- **Aula expositiva (Fundamentação Teórica I e II)** por meio de uma apresentação para organização dos conceitos e caracterização da linguagem científica sobre ímãs e o campo magnético. A parte expositiva pode se dividir em dois momentos, entre as demonstrações investigativas (25 minutos);

- **Testes Conceituais 01:** Aplicação dos testes conceituais com auxílio do aplicativo *Plickers* utilizando o método *Peer Instruction*. (15 minutos).

4) Recursos didáticos

- Computador, projetor ou televisão, caneta, quadro, smartphone e *QR CODES*.

5) Avaliação

- As avaliações serão feitas a partir dos debates das situações problemas apresentados ao longo da aula e por meio dos testes conceituais apresentados.

6) Para casa

- Apresentar a turma o vídeo do primeiro episódio da animação (Dr. Stone) para introduzir uma narrativa para as situações problemas que serão propostas. (Vídeo: <[Dr. STONE - Episódio 1 \(Dublado\) - YouTube](#)>);
- **Lista de exercícios 01** – Referente aos temas trabalhados na aula 01.

**Observação:** É importante antes dessa aula o professor enviar um **questionário** para coletar os conhecimentos prévios dos alunos com perguntas gerais sobre os temas que serão trabalhados ao longo das aulas. A sugestão do questionário está presente no produto educacional completo em anexo.

**Comentários:** Essa é uma aula introdutória onde o professor irá fazer a apresentação do universo de Dr. Stone com os alunos por meio de um vídeo e coletar seus conhecimentos prévios a respeito do conteúdo a ser trabalhado no bimestre, o eletromagnetismo. O momento chave da aplicação da aula será durante a apresentação da situação problema geral a respeito de como conseguir gerar energia elétrica em um mundo onde não se têm mais tecnologia. É importante nesse momento, o professor dar liberdade intelectual para os alunos formularem suas hipóteses e anotar no quadro todas as possibilidades propostas por eles. Após a discussão inicial, afunila-se mais a discussão a respeito dos materiais que precisarão ser encontrados

para começar a construção do gerador elétrico. A fala do professor sempre irá se remeter a narrativa da série do Dr. Stone, visando instigar os alunos a participarem e se imaginarem na situação do personagem principal. O professor tentará partir sempre de perguntas e nunca afirmações, fazendo com que os alunos reflitam e participem. Todas as hipóteses devem ser anotadas e serão discutidas na fundamentação teórica da parte expositiva. O professor sempre irá tentar introduzir as hipóteses dos alunos uma linguagem científica afim de sobrepor algum pseudoconceito trazido pelo aluno. No final da aula será feita a primeira aplicação dos testes conceituais da sequência que introduzirá algumas perguntas conceituais para saber se os alunos conseguiram entender os conceitos propostos. É extremamente importante a discussão entre os alunos seguindo as orientações do método *Peer Instruction*. Encerrado a aula o professor irá mostrar como que o personagem adquiriu o ímã na série e irá colocar dentro de uma caixa misteriosa um ímã, fazendo a analogia que eles agora também “adquiriram”. (Essa caixa é o Kit que será distribuído para os alunos durante a Oficina de Criação).

## **4.2 BLOCO 2: FORÇA E GERAÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO**

### **AULA 02 - O começo da descoberta do eletromagnetismo. Do experimento de Oersted a força magnética.**

#### 1) Objetivos

- Identificar a relação de cargas em movimento com a produção de um campo magnético;
- Identificar o módulo, direção e o sentido da força magnética de acordo com o produto vetorial da velocidade pelo campo magnético;
- Entender a relação entre corrente elétrica e campo magnético;
- Instigar o processo de argumentação e hipóteses de cunho investigativos por meio de experimentos demonstrativos;
- Promover a troca de significados entre o professor e aluno por meio da interação social.

#### 2) Conteúdos

- Experimento de Oersted;
- Força magnética em uma partícula;
- Regra do Tapa;

- Força magnética sobre um fio.

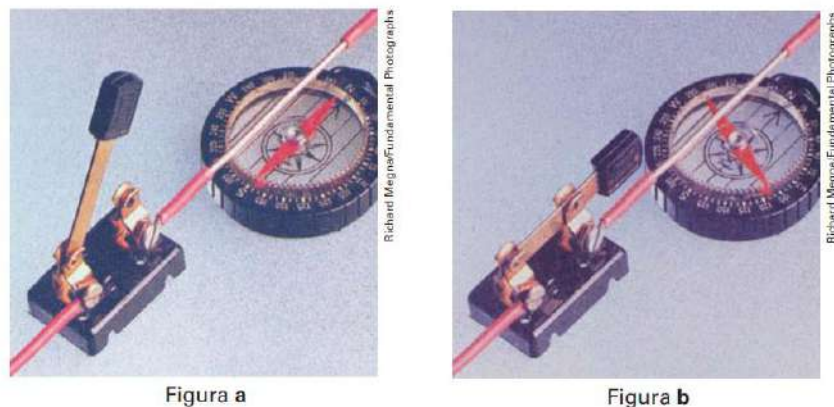
### 3) Procedimentos Metodológicos

- **Demonstração Investigativa 03:** Experimento de Oersted (Figura 31) para mostrar que cargas em movimento geram campo magnético. A demonstração é feita sempre com perguntas por parte do professor e deixando os alunos formularem suas hipóteses e discutirem o fenômeno observado. (30 minutos);

O experimento apresentado tem como intenção despertar nos alunos a formulação de algumas hipóteses, que podem ser instigadas pelo professor com perguntas como:

- O que faz a bússola movimentar sua agulha?
- Por que quando liga e desliga o circuito a bússola altera sua orientação?
- Porque que quando invertemos a bússola de lugar as orientações (norte/sul) alternam de sentido?

**Figura 26** - Exemplo do experimento de Oersted



Fonte: (GASPAR, 2013)

- **Aula expositiva (Fundamentação Teórica III e IV)** por meio de uma apresentação para organização dos conceitos e caracterização da linguagem científica sobre força magnética e movimento de cargas no interior de um campo magnético e a força magnética sobre fios, o professor deve alternar entre uma primeira explicação sobre força magnética em partículas (fundamentação teórica III), seguido de um exercícios sobre o tema, e uma segunda explicação sobre a força magnética em fios percorridos por correntes elétricas (fundamentação teórica IV) (50 minutos).



- **Testes Conceituais 02:** Aplicação dos testes conceituais com auxílio do aplicativo *Plickers* utilizando o método *Peer Instruction*. (20 minutos).

4) Recursos didáticos

- Computador, projetor multimídia, caneta, quadro.

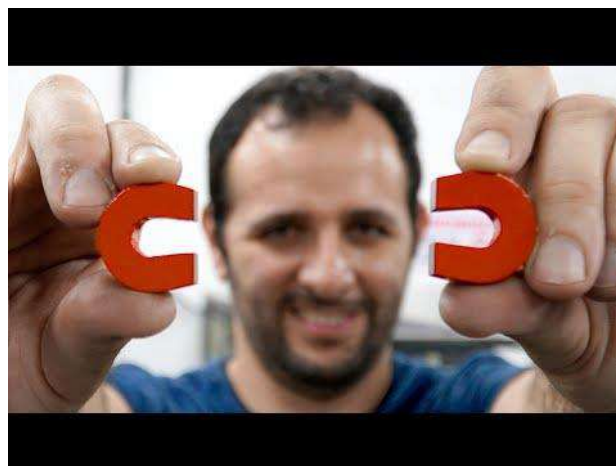
5) Avaliação

- As avaliações serão feitas a partir dos debates das situações problemas apresentados ao longo da aula e por meio dos testes conceituais apresentados.

6) Para casa

- Pedir para os alunos assistirem em casa “COMO É FEITO UM ÍMÃ?” (Figura 32) do Manual do Mundo, para mostrar a produção de um ímã a partir da eletricidade, parte que será essencial para o debate da próxima aula.

**Figura 27** - Vídeo "COMO É FEITO UM ÍMÃ" do canal Manual do Mundo.



Fonte: Youtube (<https://www.youtube.com/embed/jCL2dLh5MME?feature=oembed>)

**Comentários:** Essa aula também começa com uma demonstração investigativa, o objetivo dela é tentar instigar os alunos por meio do experimento feito por Oersted, a relação da eletricidade com o magnetismo. O professor deve ligar e desligar o circuito e mostrar o que acontece com a bússola quando ele faz isso. O professor tentará a partir sempre de perguntas e nunca afirmações, fazer com que os alunos reflitam e participem. Todas as hipóteses devem

ser anotadas e serão discutidas na fundamentação teórica da parte expositiva. Na sequência da aula será feita a fundamentação teórica para sistematizar a linguagem científica a respeito do tema da aula além da realização de exercícios de vestibulares com os alunos. No final da aula é recomendado a aplicação de três testes conceituais sobre conceitos trabalhados na aula.

### **AULA 03 - Controlando o magnetismo. A geração de campo magnético com os eletroímãs.**

#### 1) Objetivos

- Relacionar corrente elétrica em um fio condutor com a geração de um campo magnético (Lei de Ampère);
- Aplicar a regra da mão direita para determinar a direção e sentido do campo magnético gerado por um fio condutor;
- Entender a construção e confecção de um eletroímã;
- Relacionar a utilização de eletroímãs em aplicações do cotidiano;
- Obter um *feedback* do processo de aprendizagem por meio dos testes conceituais e a socialização entre os alunos.

#### 2) Conteúdos

- Geração de campo magnético;
- Regra da mão direita envolvente;
- Campo magnético em eletroímãs;
- Aplicação de eletroímãs no cotidiano.

#### 3) Procedimentos Metodológicos

**- Problema aberto 02:** Como poderíamos obter um imã potente com os materiais coletados?

(No final da discussão mostrar como foi solucionado pelo Dr. Stone) (Figura 33) (20 minutos);

**Figura 33** - Anime Dr. Stone mostrando a criação de um imã potente.



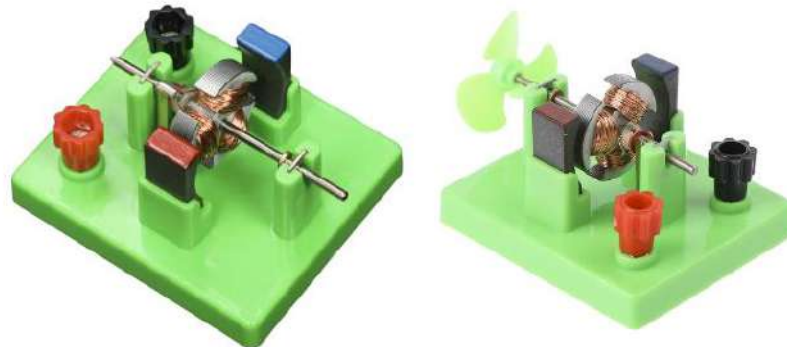
Fonte: Youtube (Canal do Crunchyroll Brasil) - <https://youtu.be/jwCSXSzO3lw?si=4pou154iVwEG1hP1>

- **Aula expositiva (Fundamentação teórica V)** por meio de uma apresentação para organização dos conceitos e caracterização da linguagem científica sobre campo magnéticos gerados por fios condutores e eletroímãs. (30 minutos);
  
- **Demonstração Investigativa 04 – A força de um eletroímã:** É apresentado para os alunos um protótipo de um motor elétrico (Figura 34) para relacionar o campo magnético gerado por um eletroímã com uma aplicação prática de um equipamento do cotidiano deles. A demonstração é feita sempre com perguntas por parte do professor e deixando os alunos formularem suas hipóteses e discutirem o fenômeno observado. (30 minutos);

O experimento apresentado tem como intenção despertar nos alunos a formulação de algumas hipóteses que podem ser instigadas pelo professor com perguntas como:

- O que acontece se conectarmos as pilhas na bobina sem chegar perto os imãs externos?
- O que acontece se eu chegar próximo os imãs externos? Posso colocá-los de qualquer jeito?
- O que acontece se eu inverter os polos da bateria? E se eu inverter o sentido dos imãs externos?

**Figura 34** – Experimento usando um motor elétrico didático.



Fonte: Autoria própria

- **Testes Conceituais 03:** Aplicação dos testes conceituais com auxílio do aplicativo *Plickers* utilizando o método *Peer Instruction*. (20 minutos).

4) Recursos didáticos

- Computador, projetor multimídia, caneta, quadro, smartphone e *QR CODES*.

5) Avaliação

- As avaliações serão feitas a partir dos debates das situações problemas apresentados ao longo da aula e por meio dos testes conceituais aplicados.

6) Para casa

- **Lista de exercícios 02** – Referente a temas trabalhados nas aulas 02 e 03.

**Comentários:** A aula começa com um segundo problema aberto relacionado a série Dr. Stone. O problema engloba como se faria para conseguir criar um ímã potente com as condições vivenciadas pelos personagens da série. Nesse ponto o professor irá anotar no quadro todas as soluções e hipóteses possíveis para tal situação. Após isso o professor deve mostrar o vídeo e explicar as possibilidades e os exageros relacionados a série (como a pouca probabilidade de conseguir fazer um relâmpago atingir um pedaço de ferro e gerar um super ímã). Com uma exposição teórica, deve-se discutir a geração de campo magnético em espiras, bobinas e solenoides, mostrando as relações matemáticas. Na sequência, utilizando o

protótipo do motor elétrico deve-se realizar a demonstração investigativa contando com a participação dos alunos, sempre lembrando de servir como guia nas observações e criações de hipóteses por parte deles. No final da aula, e com encerramento desse bloco, o professor deve retomar a aplicação de testes conceituais para avaliar e ter um retorno a respeito da aprendizagem dos alunos sobre os conceitos trabalhados na aula. No final desse bloco os alunos irão ter “adquirido” o fio de cobre necessário para produzir um eletroímã que será guardado no Kit a ser utilizado na Oficina de Criação.

### 4.3 BLOCO 3: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E GERAÇÃO DE ENERGIA

#### AULA 04 - Fechando a equação, do magnetismo para a eletricidade. Um curioso chamado Faraday.

##### 1) Objetivos

- Relacionar a relação entre a variação do campo magnético em uma espira com a geração de energia elétrica;
- Compreender a Lei da indução eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz);
- Relacionar a lei de indução eletromagnética com a geração de energia elétrica;
- Instigar o processo de argumentação e hipóteses de cunho investigativos por meio de situações problemas e experimentos demonstrativos;
- Consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo dos tópicos de eletromagnetismo por meio de uma atividade de desenvolvimento da linguagem científica e criatividade.

##### 2) Conteúdos

- Fluxo Magnético;
- Lei da Indução Eletromagnética;
- Geradores Mecânicos de Eletricidade.

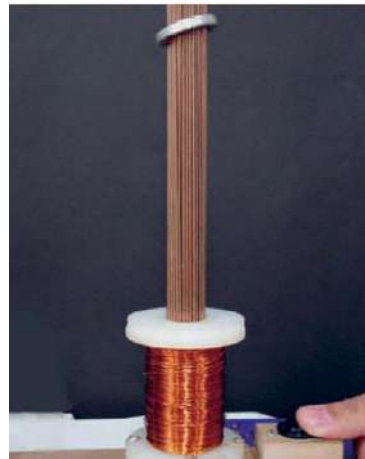
##### 3) Procedimentos Metodológicos

**- Demonstração Investigativa 03 - O Anel de Thomson (Levitação Magnética) (Figura 35):** Utilizar esse experimento para instigar a discussão e a criação de hipótese sobre o fenômeno apresentado. (20 minutos);

O experimento apresentado tem como intenção despertar nos alunos a formulação de algumas hipóteses, que podem ser instigadas pelo professor com perguntas como:

- Por que o anel fechado é expelido ao ligar a bobina?
- Qual força está causando o movimento do anel?
- Por que no anel aberto o mesmo fenômeno não acontece?

**Figura 35** - Experimento do Anel de Thomson.



Fonte: (GASPAR, 2013)

- **Aula expositiva (Fundamentação teórica VI)** por meio de uma apresentação para organização dos conceitos e caracterização da linguagem científica sobre fluxo magnético e a Lei de Faraday-Lenz. No final da exposição, pode-se mostrar para os alunos como foi a resolução final do problema na série, utilizando como base cenas do episódio 09 (Figura 36) (40 minutos).

**Figura 36** – Episódio onde os personagens utilizam o gerador para acender um filamento.

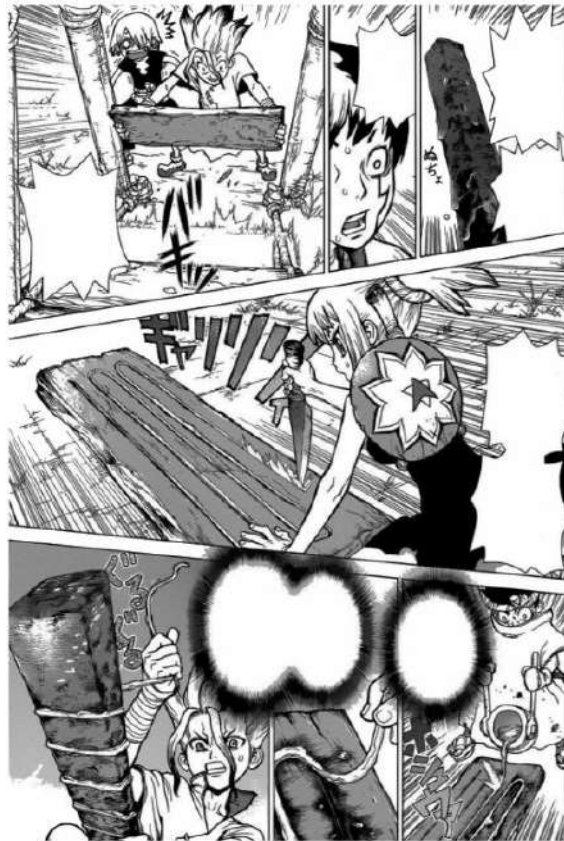


Fonte: E9 - Faça-se a luz da ciência, Crunchyroll.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Disponível em: <<https://www.crunchyroll.com/pt-br/watch/GR4PKJ4VY/stone-road?modal=restricted>>. Acesso em 17 de outubro de 2023.

- **Atividade de mangás:** O professor irá formar grupos e fornecer para os alunos cenas do mangá de Dr. Stone com as falas apagadas (Figura 37) e eles terão que completar as falas com sua criatividade e tentando utilizar conceitos e linguagens relacionadas a matéria. Após isso, o professor poderá mostrar as verdadeiras falas e os grupos poderão compartilhar suas versões. (40 minutos).

**Figura 37** - Exemplo de cena do mangá de Dr. Stone para ser utilizado na atividade.



Fonte: (INAGAKI, BOCHI, 2019)

4) Recursos didáticos

- Computador, projetor ou televisão, caneta, quadro.

5) Avaliação

- As avaliações serão feitas a partir dos debates da situação problema apresentada na aula e por meio da correção da atividade de mangás entregue pelos alunos.

6) Para casa

- Vídeo do CANAL MANUAL DO MUNDO (Figura 38) sobre a geração de energia elétrica no Brasil e no mundo mostrando como é produzido a maior parte da energia elétrica no Brasil;
- **Lista de Exercícios 03** - Referente a temas trabalhados nas aulas 03 e 04.

**Figura 28** - Vídeo mostrando o funcionamento da usina de Itaipu.



Fonte: Youtube (Canal Manual do Mundo)<sup>5</sup>

**Comentários:** Esse último bloco de conteúdo começa com uma demonstração investigativa do anel saltitante. Esse é um experimento que causa muita surpresa e interesse nos alunos pelo seu efeito visual de locomover um anel e até fazê-lo flutuar. O interesse por trás dessa demonstração é tentar fazer o aluno relacionar a bobina utilizada com alguma aplicação do cotidiano dele e tentar fazê-lo pensar em alguma relação entre a eletricidade com o magnetismo de forma contrária o que foi apresentado no experimento de Oersted. É difícil o aluno associar um campo magnético sendo gerado pelo anel, ainda mais que o professor no começo da demonstração tem que mostrar que ele não está magnetizado. O interessante do experimento é realizá-lo com um anel fechado e um aberto, então o aluno irá ver que somente o anel fechado consegue “saltitar”. Muitas perguntas e hipóteses podem surgir durante essa demonstração. Na parte expositiva da aula é necessária uma fundamentação teórica para sistematizar todos fenômenos e efeitos que foram discutidos e chegar na lei de Faraday da Indução Eletromagnética para então mostrar o vídeo do gerador que foi pensado pelos personagens da série e a explicação do seu funcionamento. Nessa aula se fecha o bloco 3 e o

<sup>5</sup> Disponível em: < <https://youtu.be/48IlepuOvLw?si=P9dABbHDjuKjQZkw>>. Acesso em 17 de outubro de 2023.



conteúdo programático preparado para o bimestre. Como todos os conceitos foram trabalhados até agora, é proposto uma atividade de mangás para os alunos formularem um diálogo de um episódio que os personagens passam na série. A intenção dessa atividade é avaliar se os alunos conseguem utilizar a linguagem científica que foi debatida nas outras aulas para criar um diálogo sobre uma situação que envolve a ciência. Ao final da aula será mostrado um vídeo da solução final dos personagens da série conseguindo gerar luz e os alunos irão “Adquirir” um LED que será colocado no Kit e usado na Oficina de Criação. Nessa mesma aula o professor deverá dividir os grupos da oficina e explicar os alunos seu funcionamento, além de orientar os alunos a fazerem pesquisas na internet de maneiras de construir um gerador elétrico e quais materiais extras eles precisaram trazer (O cobre, o ímã e o LED serão disponibilizados pelo professor, além de algumas outras ferramentas essenciais).

#### 4.4 OFICINA DE CRIAÇÃO

##### **AULA 05 - Botando a mão na massa. A oficina de criação do Reino da ciência.**

##### 1) Objetivos

- Elucidar todos os conceitos trabalhados por meio de um processo de interação social e troca de informações e ideias pelos alunos;
- Esquematizar as ideias dos alunos dos processos que levam a produção de energia elétrica.
- Elaborar um manual e um experimento com o objetivo de ascender um LED.

##### 2) Conteúdos

- Todos os conteúdos trabalhados na sequência.

##### 3) Procedimentos Metodológicos

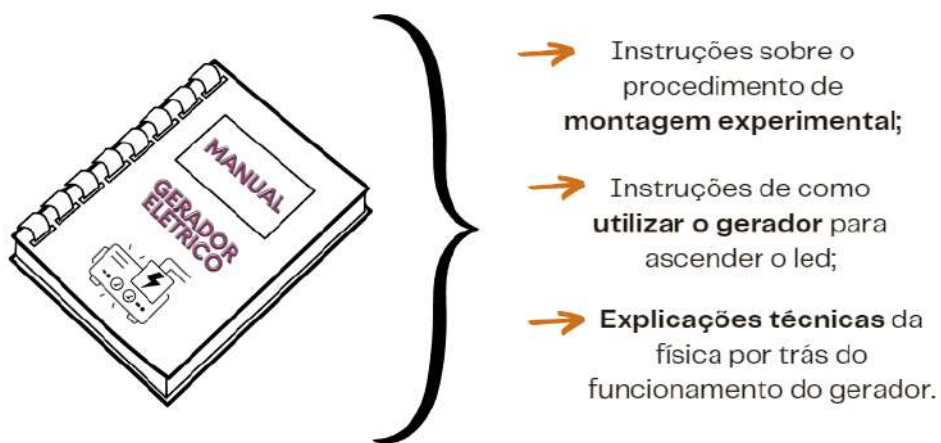
- **Divisão em grupos de projetos:** para construir um gerador elétrico a partir de um Kit (Figura 39), com materiais diversos (fios de cobre, ímãs, suportes, ferramentas, LEDs), disponibilizado pelo professor com o objetivo de acender um LED e criar um manual com o passo a passo de como foi construído seguindo um modelo previamente preparado pelo professor. (Figura 40).

**Figura 39** - Kit da Oficina de Criação que será disponibilizada para os alunos.



Fonte: Autoria Própria

**Figura 29** - Tópicos para a elaboração do manual do gerador elétrico.



Fonte: Autoria Própria

**Observação:** O professor poderá usar essa aula inteira para apresentação dos resultados, todo material será fornecido para os alunos previamente. Se o professor quiser, poderá utilizar dois encontros, um para ajudar os alunos na preparação e outro para apresentação.

#### 4) Recursos didáticos

- Computador, projetor multimídia, caneta, quadro, materiais para construção do experimento.

## 5) Avaliação

- As avaliações serão feitas a partir dos manuais criados pelos alunos durante a confecção do gerador.

**Comentários:** Essa aula será focada na elaboração/apresentação de um gerador elétrico e seu manual de construção pelos alunos. Durante todos os blocos de aula os alunos “conquistaram” vários materiais (ímã, fio de cobre, LED), que foram colocados em uma caixa para ser utilizados durante a oficina. Na última aula foi explicado aos alunos o que iria ser feito, então eles já estarão preparados para a oficina. A oficina irá avaliar a capacidade de eles trabalharem em grupo, baseado sempre no fundamento teórico apresentado por Vygotsky do sociocontrutivismo e das interações sociais. A construção do gerador e sua descrição por meio de um manual, irá mostrar ao professor se a linguagem científica está sendo utilizada e se eles conseguiram associar o conceito físico estudado a sua realidade. Ao final da construção cada grupo deverá fazer sua apresentação para a turma, explicando brevemente a construção e o funcionamento do seu gerador, e entregar o manual confeccionado para o professor (caso o tempo seja curto, os alunos podem preparar o material em casa e trazer na próxima aula). Espera-se que com esse processo, vinculado a progressão em conjunto com o personagem da história, os alunos consigam, ao final, estarem mais alfabetizados cientificamente.

## 5 RESULTADOS E DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

Ao longo desta seção, serão detalhadamente apresentados e discutidos os resultados coletados, bem como as reflexões proporcionadas pela interação dos alunos com as aulas, as demonstrações investigativas, problemas abertos, testes conceituais e as dinâmicas propostas pelo professor em sala de aula, explicados na descrição do produto educacional. Utilizando uma abordagem descritiva das aulas, e pautando-se na percepção do professor em sala de aula, juntamente com os documentos e informações coletadas através da aplicação, este tópico trará uma descrição detalhada dos resultados obtidos em cada aula e a apresentação sequencial dos resultados, respeitando a ordem em que o produto foi aplicado.

### 5.1 SISTEMATIZAÇÃO DOS DOCUMENTOS ANALISADOS

Antes de detalhar as aulas e avaliar os resultados, conduziu-se uma pré-análise dos documentos resultantes da aplicação do produto. Esta análise foi fundamentada nos critérios propostos por Franco (2008), alinhando-se ao enfoque de pesquisa qualitativa, conforme a técnica de análise de conteúdo sugerida por Bardin (2011). Os dados coletados pela implementação do produto estão detalhadamente elencados na Tabela 4:

**Tabela 4** - Documentos retirados da aplicação do produto.

TIPO DE DOCUMENTO	QUANTIDADES INICIAIS DE DOCUMENTOS PARA ANÁLISE.	DESCRIÇÃO
<b>Testes conceituais</b>	9 testes conceituais aplicados durante a aplicação.	São as porcentagens da votação dos alunos fornecidas pelo aplicativo <i>Plickers</i> , utilizando como método o <i>Peer Instruction</i> no final das aulas.
<b>Questionário Inicial/Final</b>	10 questionários respondidos pelos alunos no início e 04 questionários respondidos pelos alunos no final.	Questionários aplicados no início da aplicação do produto e no final da aplicação do produto.
<b>Transcrição das gravações</b>	4 vídeos completos gravados.	Transcrição em vídeo e áudio das quatro primeiras aulas da aplicação do produto educacional.
<b>Atividades de Mangás</b>	3 atividades entregues por três grupos.	Atividade em grupo de elaboração das falas dos personagens do mangá Dr. Stone feito em sala de aula.

<b>Manual do Gerador Elétrico</b>	3 manuais entregues por três grupos.	Manual com o guia de montagem e experimentação do gerador elétrico construído pelos alunos na Oficina de Criação do Reino da Ciência.
<b>Listas de Exercícios</b>	40 respostas das listas de exercícios entregue pelos alunos (17 entregues na lista 01, 11 na lista 02 e 12 na lista 3).	Listas de exercícios entregues pelos alunos no Google Classroom com as respostas da lista antes do professor fornecer o gabarito comentado.

Após a análise minuciosa de todos os documentos, realizaram-se as seguintes observações e inferências:

**Testes conceituais:** Dos nove testes aplicados, oito foram considerados para análise. Um dos testes foi excluído da avaliação, pois obteve acerto total pela turma, e, dentro do contexto de análise do método utilizado, não se viu necessidade de aprofundar sua discussão.

**Questionários:** Para os propósitos de análise, foram considerados apenas os alunos que responderam tanto ao questionário inicial quanto ao final. Assim, somente **quatro questionários** foram examinados, buscando avaliar a evolução nas respostas dos estudantes.

**Transcrição das gravações:** Todas as transcrições foram utilizadas para construir uma descrição da aplicação e oferecer uma perspectiva qualitativa das respostas dos alunos, com foco nas perguntas feitas durante as demonstrações e problemas abertos.

**Atividade de mangás:** Todas as três atividades foram incluídas na análise dos dados. Como se trata de trabalhos em grupo, o objetivo é avaliar a capacidade dos alunos de empregar conceitos científicos durante sua elaboração em conjunto. Para análise, será escolhido para cada grupo a parte chave da história que eles deveriam ser capazes de estabelecer as terminologias esperadas para aquela situação

**Manual do gerador elétrico:** Dos três manuais apresentados, apenas dois atenderam aos pré-requisitos de confecção estipulados para avaliação. Portanto, um manual será excluído da análise.

**Listas de Exercícios:** As 40 listas entregues não passaram por avaliação individual, sendo utilizadas apenas como parâmetro adicional. Devido às respostas objetivas, foi feito apenas a uma avaliação geral, centrada no percentual de acertos dos alunos, para discutir o impacto da sequência didática na preparação dos estudantes para questões tradicionais de vestibular.

## 5.2 ANÁLISE E DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO DAS AULAS

Uma semana antes da primeira aula, foi solicitado à professora responsável pela turma que enviasse aos alunos o formulário de conhecimentos prévios, disponível no *Google Forms*, para ser preenchido antes do início da aula. Foi ressaltada a importância de os alunos responderem sem realizar consultas, esclarecendo que as respostas não contariam para qualquer tipo de pontuação. No final, o formulário será reaplicado, comparando-se as respostas iniciais e finais. Além disso, foi estabelecida uma sala virtual no *Google Classroom*, adicionando todos os alunos (Figura 41). Esse espaço serviu como meio de comunicação, permitindo ao professor disponibilizar materiais, vídeos e listas de tarefas, assim como receber feedback dos alunos.

**Figura 41** - Banner utilizado na sala do Google Classroom



Fonte: Autoria Própria

### 5.2.1 - AULA 01 – BLOCO 01 – MAGNETISMO E CAMPO MAGNÉTICO

Na primeira aula, com 17 alunos presentes, a dinâmica e a distribuição de pontos ao longo do bimestre foram apresentados. Foi observada uma turma muito participativa e receptiva. O universo de Dr. Store foi introduzido e o AMV com cenas da série foi exibido, notando-se os rostos curiosos e atentos durante o vídeo, o que sinalizou um grande interesse por parte dos alunos. Na sequência, a **primeira situação problema** do bimestre foi proposta: "**Quais materiais devem ser procurados para a construção do gerador elétrico?**". Algumas das respostas iniciais dos alunos incluíam "metal com pouca resistividade" e "água". Ao serem estimulados a refletir sobre os componentes presentes em motores e geradores domésticos, um aluno mencionou "ímã". Foi apresentada, então, uma imagem (Figura 29) da série que exibia os materiais planejados para a geração de eletricidade, confirmando que os alunos haviam identificado alguns dos componentes essenciais. Foi destacado que, além disso, seria necessário um gerador de luz, especificamente um LED.

Na sessão intitulada “**Demonstração investigativa 01: Carrinhos magnéticos**”, o tema foi introduzido falando sobre as propriedades dos ímãs. Os carrinhos magnéticos foram apresentados, com suas extremidades pintadas de cores diferentes. Quando questionados sobre o motivo dessa coloração, os alunos deram a resposta correta: "porque são polos diferentes". Em seguida, foi indagada a relação entre os polos magnéticos e a eletricidade, e houve um misto de incerteza e suposições, com alguns alunos respondendo "provavelmente sim".

**Figura 42** - Alunos observando a demonstração dos carrinhos magnéticos.



Fonte: Autoria Própria

Em relação ao comportamento dos materiais perto dos ímãs, foi perguntado aos alunos o que aconteceria se eu aproximasse o ímã de um pedaço de madeira e um clipe. A madeira foi considerada pelos alunos como um material que não reagiria a presença do ímã e a maioria acertou que o clipe seria atraído. No entanto, o mistério surgiu quando foi questionado sobre o motivo de tal atração: “por causa do material”, responderam sem saber se aprofundar muito. Foi demonstrado que um clipe, inicialmente desprovido de magnetismo, adquiria a capacidade de atrair um segundo quando próximo ao ímã, comentando que com o alumínio, por exemplo, isso não aconteceria.

Finalizando com os carrinhos, foi testado o entendimento dos alunos sobre atração e repulsão magnética: ao aproximar os polos de cores iguais, a resposta foi correta “eles vão se repelir”, e com cores distintas, “eles vão se atrair”. Concluindo assim que eles já possuíam noção básica sobre a dinâmica dos polos magnéticos.

Após a experiência prática com os "Carrinhos magnéticos", uma parte expositiva (**Fundamentação Teórica I**) foi conduzida para aprofundar a teoria por trás das observações feitas pelos alunos. Nesta fase, aspectos históricos do magnetismo foram abordados, permitindo

que os alunos entendessem o desenvolvimento e a evolução desse campo ao longo dos anos. Foram explorados com mais profundidade os conceitos de domínios magnéticos e magnetização, esclarecendo as bases científicas por trás dos fenômenos que haviam observado na magnetização do clipe pelo ímã. Além disso, detalhes sobre os polos magnéticos, suas interações e a propriedade de sua inseparabilidade foram apresentadas. Este momento teórico proporcionou aos alunos uma compreensão mais robusta, conectando suas experiências práticas a fundamentos científicos sólidos.

Na sequência das atividades didáticas, foi conduzida a "**Demonstração investigativa 02: Bússola e as linhas de Campo Magnético**". Ao questionar os alunos sobre o motivo da configuração formada pela limalha de ferro sobre o papel, as respostas estavam alinhadas com o conceito de "força magnética". Esse foi o momento propício para introduzir a eles o conceito de campo magnético, elucidando como o desenho formado pela limalha correspondia ao campo em torno do ímã. Durante a discussão sobre a concentração da limalha nas extremidades do ímã, uma aluna apontou a intensidade magnética mais forte nos polos, uma observação assertiva que está relacionada com o fato de o campo magnético ser inversamente proporcional à distância.

É importante destacar nesse momento, assim como mostram Sasseron e Carvalho (2008), a importância de criar um ambiente investigativo na sala de aula de forma que o professor possa mediar os alunos no processo para que eles possam gradativamente ampliando sua cultura científica, adquirindo, aula a aula, a linguagem científica para se alfabetizar cientificamente. Inicialmente, as respostas dos alunos, eram baseadas principalmente em observações e experiências anteriores, ou seja, pseudoconceitos. Por exemplo, ao serem questionados sobre o motivo pelo qual a limalha de ferro se alinhava de determinada forma, os alunos recorreram a concepções espontâneas e observacionais sobre o mundo, como o conceito de "força". Entretanto, através da mediação pedagógica, foi possível conduzir os alunos da percepção superficial e aparente para uma compreensão mais profunda e científica com a definição do termo "campo magnético".



**Figura 30** - Alunos participando da demonstração do experimento com a limalha de ferro.



Fonte: Autoria Própria

Avançando na experimentação, tentou-se ilustrar a interação entre dois ímãs utilizando a limalha de ferro. Embora o resultado visual não tenha sido tão claro quanto esperado, ainda foi possível identificar a distinção entre repulsão e atração. Adicionalmente, ao utilizar uma bússola, os alunos, com base no nascer do sol, identificaram corretamente que o ponteiro vermelho apontava para o norte geográfico. Esta observação levou a um debate sobre o motivo pelo qual a bússola indicava essa direção, culminando na menção ao “campo eletromagnético da Terra”. Ao desafiar a percepção deles sobre a Terra como um ímã e realizar testes com um ímã externo, conjuntamente chegamos à conclusão de que o norte geográfico da Terra é, provavelmente, próximo do sul magnético. Essa dedução, oriunda da observação e raciocínio dos alunos, foi confirmada, solidificando o aprendizado deles neste tema.

Após a demonstração prática envolvendo a limalha de ferro e a bússola, conduziu-se uma **segunda parte expositiva (Fundamentação Teórica II)** com o intuito de aprofundar e consolidar os conceitos recém-explorados. Foi centralizado a discussão na definição de "campo", permitindo assim contextualizar e interpretar as observações anteriores sob a ótica do campo magnético, avançando em temas mais específicos, abordando o campo magnético terrestre, um fenômeno global que influencia desde bússolas até sistemas de navegação. Adicionalmente, foi introduzido o conceito de declinação magnética, vital para entender a relação entre os polos geográficos e magnéticos. A notação vetorial do campo magnético foi explorada para proporcionar uma compreensão matemática e direcional desse campo. Por fim, foi discutido o campo magnético uniforme, evidenciando suas representações e importância. Novamente, esta parte serviu para embasar teoricamente as observações práticas realizadas anteriormente, solidificando o aprendizado dos alunos, visto que, como destacam Azevedo

(2009) e Carvalho (2018), a sistematização do conhecimento é de suma importância para evitar que os alunos saiam da aula sem compreender o que foi estudado.

## AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS – AULA 01

### 1) Aplicação dos testes conceituais.

Ao final da aula, foram feitos três testes conceituais utilizando o método PI para avaliar se os alunos haviam assimilado os conceitos científicos discutidos ao longo das intervenções, além de ter um *feedback* e poder realizar alguma intervenção. Dado que era a primeira vez que os alunos usavam o aplicativo *Plickers* para votar nos testes, foi explicado o processo de votação com os *QR CODES* e detalhado os procedimentos da dinâmica. É crucial ressaltar que, visto que essa atividade contaria pontos para a avaliação deles, foi estabelecido uma estratégia para evitar "trapaças": a menor nota possível, ao final da aplicação dos testes, seria a média da turma. Tal abordagem visava garantir que eles participassem da primeira votação de forma despreocupada e que os dados coletados retratassem de fato os verdadeiros acertos e equívocos cometidos. A Tabela 5 mostra o resultado da votação dos alunos em cada teste conceitual aplicado na primeira aula:

**Tabela 4 - Resultados da votação testes conceituais aula 01.**

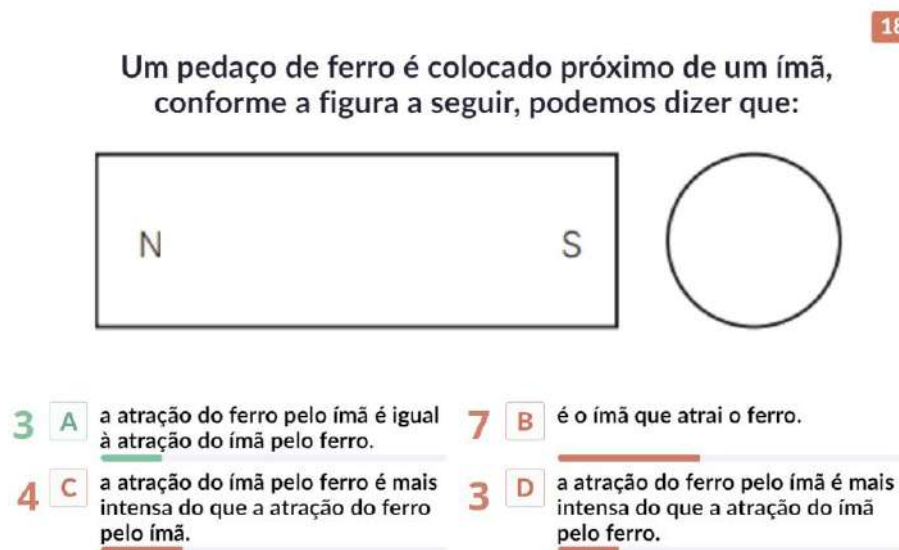
	Teste 01	Teste 02		Teste 03
	primeira votação	primeira votação	segunda votação	primeira votação
<b>% TOTAL</b>	18%	47%	88%	0%
Aluno 01	A	B	A	A
Aluno 02	D	A	B	A
Aluno 03	B	C	B	A
Aluno 04	C	D	B	A
Aluno 05	B	B	A	A
Aluno 06	D	B	B	A
Aluno 07	C	B	B	A
Aluno 08	D	C	B	A
Aluno 09	B	C	B	A
Aluno 10	C	D	B	A
Aluno 11	B	C	B	A
Aluno 12	A	B	B	A
Aluno 13	B	A	B	A
Aluno 14	B	C	B	A
Aluno 15	A	B	B	A
Aluno 16	C	B	B	A
Aluno 17	B	B	B	A

Fonte: *Plickers*

É importante ressaltar que, somente os testes conceituais que apresentaram porcentagem de acertos entre 30% e 70% foram considerados uma segunda votação, de acordo com o método do PI proposto.

Para o **teste conceitual 01**, após a votação, a turma teve um aproveitamento de apenas 18% de respostas certas. A distribuição e o padrão de resposta estão representados na Figura 44:

**Figura 31** - Distribuição da votação: Teste Conceitual 01



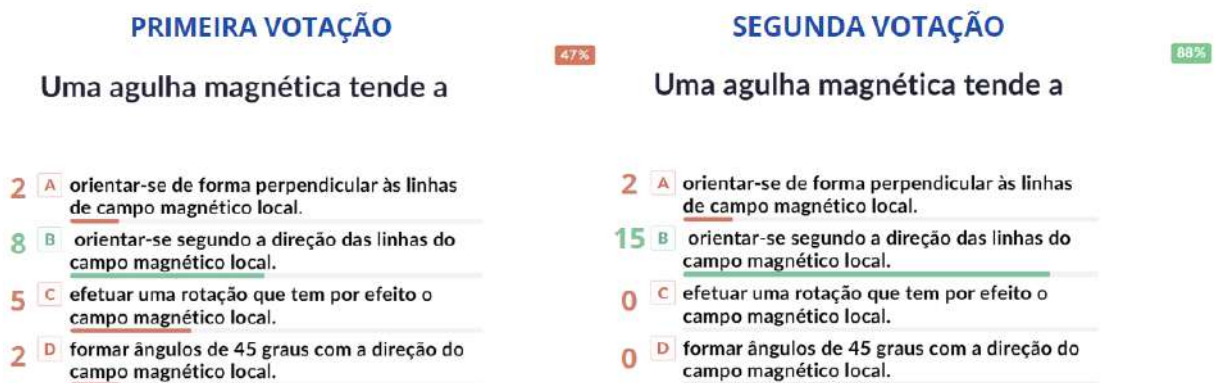
Fonte: *Plickers*

**Comentários:** A maioria dos alunos, representando 42%, acreditava que a resposta correta seria a letra B. Isso sugere que a maior parte da turma talvez não compreenda a relação da força magnética, que é uma força de campo, atuando mutuamente como um par de ação e reação. Assim, esses estudantes podem possuir conceitos não adequadamente estabelecidos sobre a mecânica, especialmente em relação à terceira lei de Newton, essenciais para essa parte do conteúdo. As opções C e D, escolhidas por outros 42% dos alunos que responderam incorretamente, indicam que, embora possam associar a existência de um par de forças entre o pedaço de ferro e o ímã, eles ainda não compreendem plenamente a terceira lei de Newton também.

Visto que uma porcentagem baixa de alunos acertou a questão (menos de 30%), optou-se por, antes de revelar a resposta correta, abordar no quadro a terceira lei de Newton. Foi lembrado a eles alguns conceitos previamente estudados em mecânica sobre o par de ação e reação, usando a força gravitacional entre um corpo e a Terra como exemplo, e estabelecendo uma analogia com a força magnética. Essa relação é de extrema importância ser discutida pois, como concluiu Talim no seu trabalho (1999, p.149), há por parte dos estudantes existência de conceitos espontâneos sobre a terceira lei de Newton, onde o autor chama a atenção para a possibilidade do uso de estratégias para provocar a mudança desses conceitos para os conceitos científicos.

Para o teste conceitual 02, após a votação, a turma teve um aproveitamento de 47% de respostas certas (primeira votação), um número que permitiu a aplicação da fase “Instrução pelos Colegas” atribuídas pelo método e a realização de uma nova votação (segunda votação) A distribuição e o padrão de resposta entre as duas votações estão representados na Figura 45:

**Figura 32 - Distribuição da votação: Teste Conceitual 02**



Fonte: *Plickers*

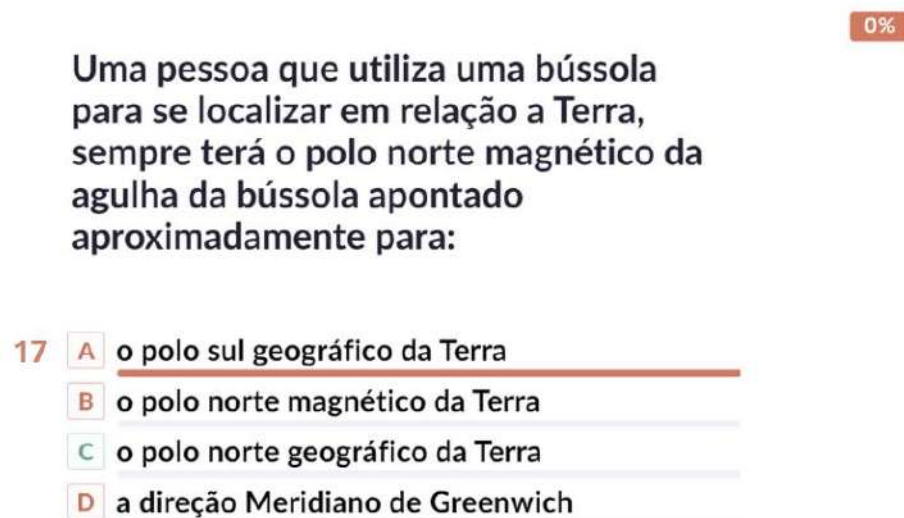
**Comentários:** Na questão em análise, após a votação, a maioria dos alunos optou pela alternativa correta, a Letra B. Contudo, é notável que uma porção significativa, 53%, ainda apresenta dificuldades em compreender a tendência de alinhamento da agulha magnética com o campo magnético. Suspeita-se que a principal confusão dos alunos que escolheram a Letra C (29%) na primeira votação esteja ligada à palavra “rotação”, que pode induzir ao entendimento da movimentação da agulha quando exposta a um novo campo magnético. A escolha da Letra A sugere que há estudantes que não distinguem adequadamente entre

"paralelo" e "perpendicular", um ponto que foi elucidado durante a aula ao mencionar-se que a bússola se alinha na mesma direção do campo magnético resultante.

Cabe destacar que, após discutirem entre si, a maioria dos alunos optou por alterar sua resposta na segunda votação, com a maioria corrigindo para a alternativa correta, 88% de acerto no final. Como Mazur (2015, p.13) destaca, “Algumas vezes parece que os estudantes são capazes de ensinar o os conceito uns aos outros de forma mais eficiente do que seus próprios professores”, fato que é revelado pelo aumento de 41% nas respostas certas após a segunda votação. Curiosamente, dois alunos que inicialmente haviam escolhido a resposta certa na primeira votação, mudaram para uma opção incorreta na segunda. Embora não possamos determinar com certeza a razão para essa mudança, é relevante mencionar que essa foi a primeira vez que os alunos interagiram com o sistema de votação via *QR CODES*. Assim, eventuais erros de seleção durante o processo de votação podem ter ocorrido.

No **teste conceitual 03**, após a votação, o desempenho da turma foi de 0% em acertos. Esse resultado acendeu um sinal de alerta durante a aplicação, especialmente considerando que se tratava da última seção da fundamentação teórica explicada e estava diretamente ligada à demonstração investigativa 02. A distribuição das respostas da votação pode ser visualizada na Figura 46:

**Figura 33** - Distribuição da votação: Teste Conceitual 03



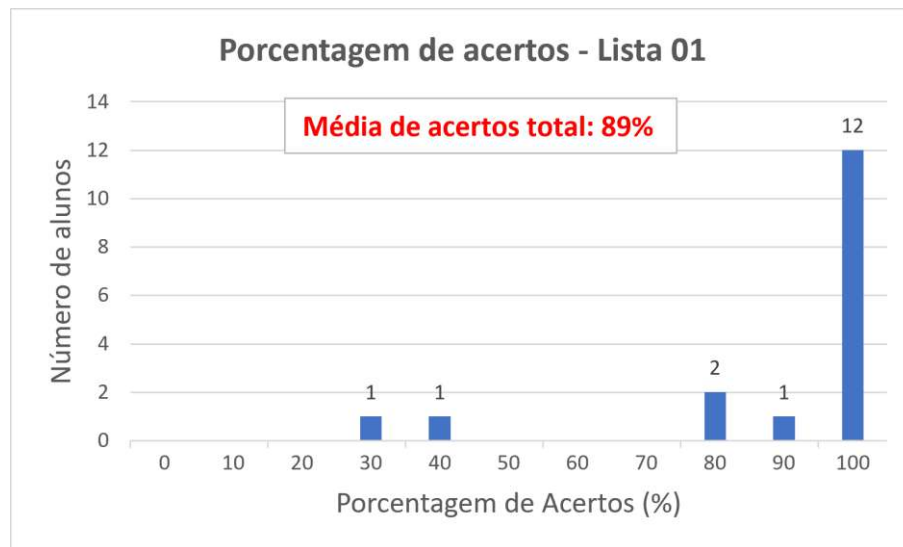
Fonte: *Plickers*

**Comentários:** Vale ressaltar que, nessa questão, todos os alunos cometeram o mesmo erro durante a votação, optando pela alternativa A. A escolha desta alternativa indica que a relação entre os polos geográficos e magnéticos da Terra não ficou clara para a turma. Suponho que os alunos tenham relacionado o fato de o norte magnético ser atraído pelo sul magnético à alternativa A. Contudo, conforme destacado durante a explicação e demonstração, o polo sul geográfico corresponde aproximadamente ao polo norte magnético, e não ao polo sul magnético. Esse erro, embora preocupante à primeira vista, sugere que os alunos compreenderam a atração magnética entre polos opostos, mas falharam em conectar isso à inversão dos polos geográficos e magnéticos da Terra. Considerando que nenhuma alternativa mencionava o 'polo sul magnético', os estudantes podem ter sido inadvertidamente direcionados à alternativa A, mesmo que a resposta correta fosse 'polo norte geográfico', que se alinha aproximadamente com o polo sul magnético.

Diante da baixa porcentagem de acertos, foi preciso intervir com uma nova abordagem. Foi utilizado uma bússola e demonstrado aos alunos que o ponteiro norte sempre se direcionava ao polo sul magnético do meu ímã em barra. Considerando que nos orientamos pelo ponteiro norte da bússola como referência para o norte geográfico e que este ponteiro estava alinhado ao polo sul magnético do ímã, deduzimos, de maneira mais decisiva, que o polo norte magnético da Terra corresponde aproximadamente ao seu polo sul magnético. Após essa demonstração, foi revelado a resposta correta. Dessa vez, foi percebido, em todos os alunos, uma aparente receptividade e compreensão positiva em relação à nova explicação.

## **2) Resultados da entrega da lista 01:**

Antes de finalizar a aula, foi entregue presencialmente aos alunos uma lista com seis questões de vestibular. As respostas e resoluções dos alunos foram enviadas por foto e corrigidas pelo *Google Classroom*. Para a lista, foi atribuído uma pontuação que variava entre 0 e 1 ponto, considerando a correção das questões, os cálculos realizados, as explicações fornecidas e o acerto nas respostas finais. A Figura 47 mostra o gráfico distribuição percentual de acertos dos alunos para a primeira lista:

**Figura 47 - Distribuição percentual de acertos: Lista 01**

Fonte: Autoria própria

Nessa primeira lista todos os alunos realizaram a entrega (17 alunos) com uma média de acertos percentual de 89% das questões da lista. Esse dado, mesmo superficialmente, mostra que após as aulas expositivas, demonstrações e testes conceituais, a maior parte dos alunos conseguiu atingir um excelente desempenho na realização de questões tradicionais, que ainda tem uma grande importância na vida acadêmica dos alunos, visto que grande parte dos exames de seleção, como o ENEM, são baseadas em questões objetivas de múltipla escolha.

### 3) Análise das respostas do questionário da evolução da aprendizagem dos alunos

Conforme mencionado anteriormente, apenas os alunos que responderam tanto ao questionário inicial quanto ao final foram avaliados. O objetivo era identificar uma evolução de **pseudoconceitos** para **conceitos científicos**, evidenciando a eficácia do processo. As **seis primeiras questões** do questionário estavam alinhadas aos tópicos abordados no bloco 01. As respostas dos quatro alunos que participaram de ambos os questionários são destacadas a seguir:

**PERGUNTA 01: Você sabe o que é um ímã? Se sim, para que ele serve? (Se possível cite exemplos de onde ele está presente no seu cotidiano).**

**Tabela 6** - Respostas referentes a questão 01 do questionário

Q1	Resposta Inicial	Resposta Final
ALUNO 03	<i>“É um metal que contém magnetismo, e é capaz de atrair outros metais para si. Como adesivos de geladeiras...”</i>	<i>“Um objeto que tem capacidade de provocar um <b>campo magnético</b>.”</i>
ALUNO 04	<i>“Para mim é um material que consegue atrair o ferro. Está no imã de geladeira por exemplo, capa de óculos.”</i>	<i>“Sim, é um elemento que cria um <b>campo magnético</b> a sua volta, e geralmente são formados por um <b>material ferromagnético</b>. Em geradores de energia, micro-ondas...”</i>
ALUNO 07	<i>“Sim, ele serve para atrair objetos metálicos. Alguns exemplos onde o mesmo está presente são em geladeiras e em alguns eletrônicos”</i>	<i>“É um objeto geralmente de metal que produz <b>campo magnético</b> a sua volta, ele serve para atrair materiais de ferro, é utilizado nos telefones celulares, ferro elétrico, geladeiras, entre outros.”</i>
ALUNO 09	<i>“Sim. O imã é um material que consegue atrair metais, em meu cotidiano vejo ele presente na geladeira.”</i>	<i>“Sim, o imã serve para atrair objetos que tenham ferro e também para tornar algo que não era um imã em um imã, ou seja, consegue <b>magnetizar</b>.”</i>

**Comentários:** Os alunos, em sua totalidade, mostraram uma evolução na compreensão do conceito de imã e suas aplicações, todos alunos evoluíram suas respostas, saindo de conceitos básicos e espontâneos para conceitos científicos e apresentados no decorrer da aula, trazendo termos em suas respostas finais como “**campo magnético**” e “**material ferromagnético**” e trazer o conceito de “**magnetização**”. O Aluno 04, em particular, demonstrou o maior crescimento em termos de aplicação técnica do conceito.

**PERGUNTA 02: Você sabe o que são polos magnéticos? Se sim, o que eles são?**

**Tabela 7** - Respostas referentes a questão 02 do questionário

Q2	Resposta Inicial	Resposta Final
ALUNO 03	<i>“Acredito que os polos negativos e positivos.”</i>	<i>“São dois pontos onde se encontram as <b>linhas de força magnética</b>. Polo <b>norte</b> magnético e Polo <b>sul</b> magnético.”</i>
ALUNO 04	<i>“Não.”</i>	<i>“Sim, são as extremidades do imã, denominadas de polo <b>sul</b> e polo <b>norte</b>.”</i>



<b>ALUNO 07</b>	<i>“Sim, são dois pontos cada um em uma extremidade onde as linhas magnéticas se convergem. sendo eles o polo norte e o sul.”</i>	<i>“Sim, são onde as <b>linhas de indução magnética</b> convergem ou divergem.”</i>
<b>ALUNO 09</b>	<i>“Não possuo muito conhecimento relacionado a isso, mas sei que esses Polos estão relacionados com a geração do campo magnético.”</i>	<i>“Os polos são os pontos de entrada e saída das <b>linhas de indução</b> que formam o campo magnético. Os polos são o <b>norte e sul.</b>”</i>

**Comentários:** Os alunos evidenciaram um progresso científico, incorporando em suas explicações termos e nomenclaturas discutidos durante as aulas, como "**linhas de indução magnética**" e "**linhas de força magnética**", vocabulário que anteriormente não era empregado por todos. Adicionalmente, os estudantes conseguiram assimilar a existência dos dois polos magnéticos, "**norte**" e "**sul**". Dentre eles, destaco especialmente o Aluno 03. Inicialmente, ele possuía a concepção equivocada de que polos magnéticos e elétricos eram idênticos. Contudo, após as aulas, não só reconheceu a distinção dos polos magnéticos como também assimilou satisfatoriamente o conceito de linhas de força.

**PERGUNTA 03: Os polos magnéticos têm alguma relação com a força? Se sim, qual?**

**Tabela 8 - Respostas referentes a questão 03 do questionário**

<b>Q3</b>	<b>Resposta Inicial</b>	<b>Resposta Final</b>
<b>ALUNO 03</b>	<i>“Não tenho conhecimento sobre o assunto.”</i>	<i>“Sim, <b>força magnética.</b>”</i>
<b>ALUNO 04</b>	<i>“Não sei, provavelmente sim.”</i>	<i>“Sim, eles produzem a <b>força magnética.</b>”</i>
<b>ALUNO 07</b>	<i>“Sim, pois a <b>força magnética</b> existe no campo magnético.”</i>	<i>“Sim, pois há uma <b>força</b> que afasta os polos e cria um campo magnético entre eles.”</i>
<b>ALUNO 09</b>	<i>“Acho que sim. No cotidiano quanto mais perto um material metálico está do ímã mais forte a atração fica sendo assim, quanto mais perto de um Polo mais <b>força</b> existe.”</i>	<i>“Sim existe uma <b>relação</b>, pois quanto mais próximo dos polos mais <b>força</b> está sendo exercida e automaticamente quanto <b>mais longe dos polos menos força tem ali.</b>”</i>

**Comentários:** Na respostas a essa questão, a maioria dos alunos não conseguiu explicar alguns termos que eram esperados e que haviam sido abordados durante a aula. Antecipava-se que os estudantes fariam a associação entre os polos, a força magnética e o fato de que pode ocorrer "**repulsão**" ou "**atração**" conforme a interação entre esses polos. Os Alunos 03 e 04 mostraram progresso, avançando de uma resposta inicialmente desprovida de conhecimento específico para uma afirmação sobre a relação entre a força magnética e os

polos. Por outro lado, o Aluno 07 se equivocou ao mencionar que a "força gera o campo magnético", quando, na realidade, a dinâmica é contrária. Vale ressaltar que o Aluno 09 estabeleceu corretamente a conexão entre a **proximidade dos polos e a intensidade da força magnética**.

**PERGUNTA 04: O que acontece quando chegamos uma moeda de ferro perto de um ímã? E de um pedaço de madeira? Por quê?**

**Tabela 9 - Respostas referentes a questão 04 do questionário**

Q4	Resposta Inicial	Resposta Final
ALUNO 03	<i>"A moeda é atraída para o ímã, já a madeira não é atraída, por não conter qualquer substância de ferro/metall."</i>	<i>"Ele o atrai, não vai atrair, pois, não é feito de um <b>material ferromagnético</b>."</i>
ALUNO 04	<i>"O ímã atrai a moeda, já com a madeira não acontece nada, pois ela não possui ferro."</i>	<i>"A moeda é atraída pelo ímã, já o a madeira não, porque ela não forma um campo magnético."</i>
ALUNO 07	<i>"No caso da moeda, ela se atrai e gruda no ímã, no caso da madeira ela não se atrai, devido alguma relação com o campo magnético desses materiais e o campo magnético do ímã."</i>	<i>"O ímã ao se aproximar do ferro faz com que o <b>campo magnético</b> do mesmo se <b>alinhe</b> no <b>campo magnético aplicado</b> e assim, o ferro se transforma em um ímã, já no caso do pedaço de madeira como ele não possui campo magnético não é atraído pelo ímã."</i>
ALUNO 09	<i>"A moeda é atraída pelo ímã, enquanto a madeira não apresenta nenhuma atração. Não sei explicar exatamente o porquê, mas acho que deve ser porque a moeda é metálica e a madeira não."</i>	<i>"A moeda se atrai e nada acontece com a madeira, pois a moeda tem <b>propriedades magnéticas</b> e a madeira não."</i>

**Comentários:** No questionário inicial, todos os alunos, conforme o esperado, já possuíam o entendimento básico de que o ferro seria atraído pelo ímã, enquanto a madeira não seria, embora não conseguissem elucidar precisamente a razão por trás disso. Já no questionário final, alguns estudantes, como os Alunos 03 e 09, souberam empregar terminologias adequadas para justificar o fenômeno, recorrendo a termos como "**material ferromagnético**" e "**propriedades magnéticas**", os quais foram frequentemente usados durante as demonstrações investigativas. Vale enfatizar que o Aluno 07 demonstrou compreensão ao mencionar que ocorreria um "**alinhamento**" devido ao campo magnético

gerado pelo imã. Contudo, ele deixou de citar "**domínios magnéticos**" e falhou na escolha da terminologia exata.

**PERGUNTA 05: Na física utilizamos a palavra “campo” em várias ocasiões, para você, o que seria um campo magnético?**

**Tabela 10** - Respostas referentes a questão 05 do questionário

Q5	Resposta Inicial	Resposta Final
ALUNO 03	<i>“Onde existe vários polos negativos e positivos.”</i>	<i>“Campos que cercam materiais em correntes elétricas e são detectados pela força que exercem sobre materiais magnéticos ou <b>cargas elétricas em movimento.</b>”</i>
ALUNO 04	<i>“Algo que tenha a ver com cargas elétricas, mas não sei explicar ao certo.”</i>	<i>“É toda a <b>região em torno do imã</b> que poderá ter <b>atração</b> ou <b>repulsão.</b>”</i>
ALUNO 07	<i>“Acredito que seria uma região onde há uma grandeza magnética como a força magnética, por exemplo, que vai atuar sobre um objeto naquele campo (local).”</i>	<i>“O campo magnético é um espaço, onde existe uma <b>concentração magnética</b>, ou seja, onde as cargas em movimento sofrem a ação de uma <b>força magnética.</b>”</i>
ALUNO 09	<i>“Não possuo conhecimento sobre o assunto, mas provavelmente deve ser a área que o magnetismo está atuando.”</i>	<i>“O campo magnético é o <b>espaço</b> formado pelas <b>linhas que saem dos polos</b> e criam uma área que pode <b>atrair</b> ou <b>afastar</b> o que for aproximado.”</i>

**Comentários:** Com relação a essa pergunta, houve uma clara evolução na compreensão dos alunos sobre o conceito de campo magnético. Esperava-se que os estudantes já possuíssem algum entendimento sobre o termo "campo", uma vez que já haviam sido expostos anteriormente a conceitos como "campo gravitacional" e "campo elétrico". Isso fica evidente com as tentativas dos Alunos 03 e 04 de relacionar o tema a polos e cargas elétricas no questionário inicial. É notável o avanço no entendimento sobre o que constitui um campo, sobretudo no reconhecimento de que se trata de uma região abstrata ao redor do imã onde é possível perceber uma força magnética. Tal progresso é evidenciado nas respostas dos Alunos 04, 07 e 09, que utilizaram termos como "**atração**", "**repulsão**" e "**força magnética**". Além disso, chama a atenção o fato de que o Aluno 03 associou o campo magnético com o movimento de uma carga elétrica, tema que será abordado na aula 02.

**PERGUNTA 06: Qual a relação do planeta Terra com o campo magnético?**

**Tabela 11** - Respostas referentes a questão 06 do questionário

Q6	Resposta Inicial	Resposta Final
ALUNO 03	<i>“Ela faz manutenção da atmosfera, é basicamente da vida na terra.”</i>	<i>“O núcleo possui ferro (líquido) e ele se movimenta criando correntes. A rotação da Terra em seu próprio eixo faz essas correntes de tornarem um enorme campo magnético.”</i>
ALUNO 04	<i>“A terra possui cargas elétricas, e a rotação faz com que transforme em campo magnético.”</i>	<i>“A terra possui campo magnético, se comporta como um ímã gigante.”</i>
ALUNO 07	<i>“A terra possui um campo magnético responsável pela vida na terra e localização.”</i>	<i>“O planeta terra é um grande ímã.”</i>
ALUNO 09	<i>“Não tenho conhecimento a respeito do assunto.”</i>	<i>“O planeta Terra possui polo norte e Polo sul, igualmente a um ímã e esses polos magnéticos fica em lados oposto aos polos geográfico, auxiliando no funcionamento da bússola.”</i>

**Comentários:** Na última questão do questionário, referente a aula 01 e focada em magnetismo e campo magnético, os estudantes demonstraram claramente seu avanço nos conceitos científicos e terminologias discutidos durante a aula. É notório que todos reconheceram, em suas respostas finais, a Terra como um **"grande ímã"**, conceito que foi discutido na aula. Ressalto a resposta do aluno 03, que precisamente descreveu a **"movimentação das correntes de ferro líquido no núcleo terrestre"** como responsável pelo magnetismo da Terra. Também é digno de nota o entendimento do Aluno 09, que correlacionou o campo magnético terrestre com o funcionamento da bússola e elucidou a inversão entre os polos geográficos e magnéticos. Esse último aspecto foi um erro comum entre a turma no teste conceitual 03, mas, após a intervenção didática, o Aluno 09 demonstrou clara compreensão do conceito.

### 5.2.3 – AULA 02 – BLOCO 02 – FORÇA MAGNÉTICA

Essa aula foi iniciada reunindo os alunos e conversando sobre a realização da lista, para verificar se os alunos tinham alguma dúvida sobre os exercícios passados para casa. Antes de iniciar a nova demonstração, foi revisado a lição anterior sobre a bússola e como ela se alinha com o campo magnético da Terra, com seu norte magnético coincidindo com o norte geográfico

terrestre, fator que seria importante ser lembrado para a compreensão do experimento que seria feito em seguida.

Os alunos foram chamados para perto da mesa para condução da terceira demonstração investigativa da nossa sequência: **“Demonstração investigativa 03: O experimento de Oersted”**. Antes de começar, foi destacado a relevância histórica deste experimento e seu papel transformador no estudo do eletromagnetismo. Ao posicionar a bússola sobre o experimento e confirmar sua orientação correta, ligou-se o dispositivo. Os alunos prontamente notaram uma oscilação no ponteiro. Após a repetição da ação e a constatação da consistente oscilação do ponteiro ao ligar o dispositivo, foi questionado a razão desse comportamento. Um estudante sugeriu que era "por causa dos elétrons do cobre". Mais tarde, ao reposicionar a bússola abaixo da bobina, notou-se que, apesar da direção da agulha se manter, o sentido dela mudava. Mesmo que incertos quanto ao motivo, os alunos, instigados pelas observações, concordaram que um novo campo magnético estava em ação. Foi ressaltado então, a definição de corrente elétrica (reforçando a menção do aluno sobre os elétrons do cobre), procurando conduzi-los à percepção de que a orientação da corrente elétrica variava dependendo de sua posição em relação à bobina, afetando, assim, o resultado observado. Em um momento de clareza, um aluno observou que "em cima, a corrente está indo, e embaixo, está voltando; essa diferença deve ser a causa". Foi solicitado que os alunos resumissem as observações feitas, e um estudante sintetizou afirmando: "A agulha da bússola se movimenta devido ao campo magnético gerado pelo fluxo de elétrons". Indagados sobre a variação na orientação da bússola ao ligar e desligar o dispositivo, concluíram que era "porque, ao desligar, cessa o fluxo de elétrons".

Por meio da abordagem de Ensino por Investigação, conforme descrito por Carvalho (2013), as etapas da problematização, formulação de hipóteses, discussão e argumentação, e sistematização do conhecimento foram seguidas. Isso permitiu que, ao longo da demonstração, os alunos, com a mediação do professor, movessem-se dos pseudoconceitos para conceitos mais científicos, reconhecendo a influência do fluxo de elétrons no comportamento da bússola. Este processo, alinhado ao referencial teórico de Vygotsky, ressalta a importância do papel da escola e do professor em guiar os alunos do entendimento superficial para uma compreensão mais profunda e científica, fazendo uso de interações sociais e mediações pedagógicas para aprimorar suas funções psicológicas superiores.

**Figura 48** - Alunos participando do experimento de Oersted.



Fonte: Autoria própria

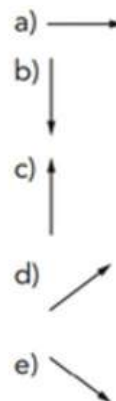
Após a demonstração do experimento de Oersted e sua contextualização, seguimos para uma **parte expositiva (Fundamentação Teórica III)** sobre a força magnética sobre partículas, fundamentando-se na ideia de que compreender a dinâmica de uma única partícula poderia iluminar o entendimento do comportamento de um fluxo de partículas (corrente elétrica). A explicação foi conduzida abordando a essência do movimento dos elétrons e como eles são influenciados por campos magnéticos, utilizando as conclusões tiradas do experimento de Oersted como ponto de partida. A partir da exploração do tópico "Força magnética sobre uma partícula" introduziu-se a regra da mão direita. Em um momento prático, foi proposto um exercício de vestibular (Figura 49) que se relacionava diretamente com esta regra. Foi interessante perceber o engajamento dos alunos girando as mãos para determinar a resposta correta, e claro, o equívoco engraçado de um aluno que utilizou a mão esquerda na solução.

**Figura 34** - Exercício feito durante a aula sobre a "regra do tapa".

(UFPA) Uma carga elétrica  $q$  (negativa) entra, com velocidade  $\vec{V}$ , numa região onde existe um campo magnético  $\vec{B}$ , que está indicado com os símbolos  $\times$  (que representam um vetor entrando no plano desta folha).



A alternativa que indica o vetor (direção e sentido) da força magnética  $\vec{F}_m$ , no exato instante no qual a carga entra na região do campo magnético, com o vetor velocidade na posição horizontal, conforme está indicado na figura acima, é:



Fonte: UFPA

Em sequência, a explanação foi dedicada aos casos particulares, onde foram detalhados os ângulos em relação à velocidade e ao campo magnético, trazendo à tona conceitos matemáticos já vistos por eles como as relações de ângulos em trigonometria e a parte de direção e sentido no estudo de vetores. Aprofundou-se também no MRU, MCU, e no Movimento Helicoidal em um caso geral.

Por fim, foram feitas a resolução de mais duas questões que envolviam um desenvolvimento matemático em aula com os alunos, visto que essa parte era de extrema importância para vestibulares como o ENEM. Optou-se por postergar o estudo sobre força magnética em fios para nossa próxima aula, que estava planejada para encerrar essa parte teórica, para sobrar tempo para avaliação dos testes conceituais.

## AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS – AULA 02

### 1) Aplicação dos testes conceituais.

No final dessa aula, foi aplicado também mais três testes conceituais para verificar pontos conceituais que, até aquele ponto, se esperava que os alunos já teriam adquirido. Utilizando o aplicativo *Plickers*, foi realizado a votação, sempre seguindo as etapas propostas pelo método PI. A Figura 50 mostra o resultado da votação dos alunos em cada teste conceitual aplicado na segunda aula:

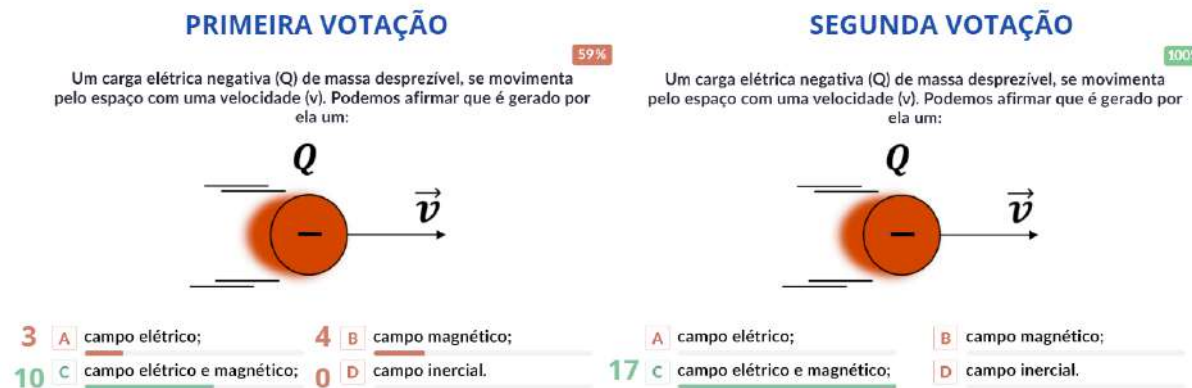
**Figura 35** - Resultados da votação testes conceituais aula 02.

	Teste 04		Teste 05	Teste 06	
	primeira votação	segunda votação	primeira votação	primeira votação	segunda votação
<b>% TOTAL</b>	59%	100%	24%	59%	100%
Aluno 01	C	C	A	B	B
Aluno 02	B	C	A	C	B
Aluno 03	A	C	A	B	B
Aluno 04	C	C	C	B	B
Aluno 05	C	C	A	B	B
Aluno 06	C	C	B	B	B
Aluno 07	C	C	D	B	B
Aluno 08	C	C	C	B	B
Aluno 09	A	C	A	B	B
Aluno 10	C	C	C	D	B
Aluno 11	C	C	A	D	B
Aluno 12	B	C	A	B	B
Aluno 13	B	C	A	D	B
Aluno 14	A	C	A	C	B
Aluno 15	C	C	A	C	B
Aluno 16	C	C	C	B	B
Aluno 17	B	C	A	D	B

Fonte: Plickers

Para o teste conceitual 04, após a primeira votação, a turma teve um aproveitamento de 59% de respostas certas. Como a porcentagem estava entre 30% e 70%, antes de revelar a alternativa correta, foi realizado a etapa da “instrução pelos colegas” e aberto a segunda votação, que teve 100% de acerto. A distribuição e o padrão de resposta das duas votações estão representados na Figura 51:

**Figura 36** - Distribuição da votação: Teste Conceitual 04



Fonte: Plickers

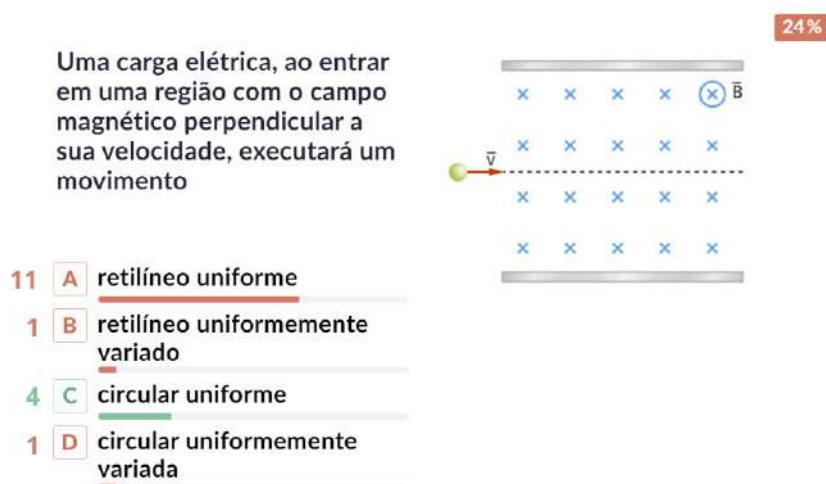


**Comentários:** O objetivo desta questão era identificar se os estudantes tinham assimilado a relação entre eletricidade e magnetismo e compreendido que uma partícula elétrica só gera um campo magnético quando está em movimento. No entanto, na primeira votação, 41% dos alunos escolheram ou a alternativa A (campo elétrico) ou a alternativa B (campo magnético). Ambas eram distratores criados para confundir os estudantes que não haviam entendido a essência da aula e do experimento de Oersted. Essas confusões são destacadas por Pantoja (2019) em seu trabalho, onde, assim como previsto em sua premissa e concluído em pontos dos resultados do trabalho, os alunos fazem uma confusão para descrever interações magnéticas com o campo elétrico, e vice-versa.

Após a discussão entre os grupos, os alunos que tinham acertado (59%), conseguiram persuadir seus colegas sobre a existência de um campo elétrico resultante da carga carregada e de um campo magnético decorrente do movimento dessa carga, usando o experimento de Oersted como exemplo. Assim, na segunda votação, compreendendo os argumentos apresentados, todos os alunos optaram pela resposta correta, resultando um aproveitamento de 100% de acertos.

Para o teste conceitual 05, após a primeira votação, a turma teve um aproveitamento de apenas 24% de respostas certas, não tendo uma segunda votação. A distribuição e o padrão de resposta da questão estão representados na Figura 52:

**Figura 37** - Distribuição da votação: Teste Conceitual 05

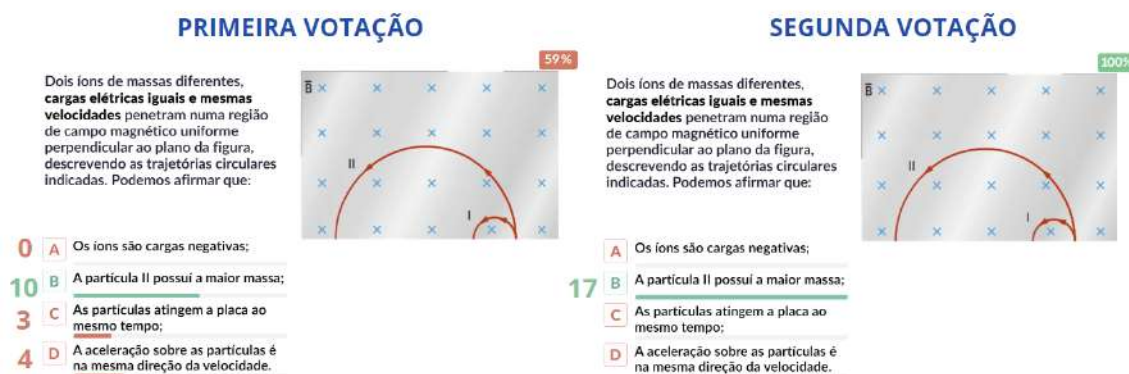


**Comentários:** O propósito desta questão era avaliar se os alunos compreenderam que a força magnética só altera a direção e o sentido do vetor velocidade, atuando como força resultante centrípeta quando o campo magnético é perpendicular à velocidade. Durante a aula, foi abordado também o cenário em que a velocidade é paralela ao campo magnético. Nesse caso, como não existe força magnética atuante, a partícula segue em movimento retilíneo uniforme (MRU). Notavelmente, 65% da turma escolheu essa alternativa (A), que era incorreta. Esse expressivo percentual sugere que a distinção entre os vetores estarem paralelos ou perpendiculares não foi suficientemente clara na explicação. Contudo, é relevante observar que a maioria dos estudantes concorda que a força magnética não muda o módulo da velocidade da partícula, aspecto que foi enfatizado durante a aula e fato que seria induzido caso as alternativas B e D tivessem sido amplamente escolhidas.

Considerando que a primeira votação resultou em menos de 30% de acertos, foi decidido intervir antes de divulgar a resposta correta. Essa etapa mostra um outro lado muito forte destacado por Mazur (2015), o *feedback* imediato sobre o nível de compreensão dos alunos, permitindo uma intervenção por parte do professor. Para esclarecer, foi ilustrado no quadro ambas as situações, destacando a distinção entre os ângulos formados pelo vetor velocidade e pelo campo magnético. Explicou-se as consequências dessa diferença para a força magnética em cada caso, clarificando a distinção entre o Movimento Retilíneo Uniforme (MRU) e o Movimento Circular Uniforme (MCU).

Para o **teste conceitual 06**, após a primeira votação, a turma teve um aproveitamento de 59% de respostas certas. Novamente foi realizada a etapa da “instrução pelos colegas” e aberto a segunda votação, que teve 100% de acerto. A distribuição e o padrão de resposta das duas votações estão representados na Figura 53:

**Figura 38 - Distribuição da votação: Teste Conceitual 06**



Fonte: *Plickers*

**Comentários:** Cada alternativa desta questão foi formulada para avaliar as principais conclusões alcançadas durante a parte expositiva da aula. A alternativa A visava verificar se os alunos aplicaram a regra do tapa para determinar que as partículas são positivas – algo que todos pareceram assimilar. Já as alternativas C e D tinham o propósito de averiguar se os estudantes compreendiam que, dado que as partículas não apresentam variação no módulo da velocidade (uma vez que a força é centrípeta), e considerando que a partícula II percorre uma trajetória maior que a partícula I, os tempos para alcançar a placa seriam distintos. No entanto, esse últimos conceitos foram confundidos por 41% da turma. O que chama atenção é a possível desatenção dos alunos que marcaram a alternativa D, visto que no teste conceitual anterior eu tinha acabado de explicar exatamente esses conceitos novamente.

Após a primeira votação e a subsequente discussão em grupos, o ponto central da conversa entre os alunos girou em torno da diferença de massa entre as partículas. Eles argumentaram que, como a partícula II levava mais tempo para mudar sua trajetória, ela deveria ser a de maior massa. Com este esclarecimento e a realização de uma nova votação, todos os alunos optaram pela alternativa correta, letra B, alcançando uma taxa de acerto de 100% na segunda tentativa.

#### 5.2.4 – AULA 03 – BLOCO 2 – ELETROIMÃS E CAMPO MAGNÉTICO.

A aula foi iniciada recapitulando os conceitos essenciais discutidos na aula anterior, como a definição de força magnética sobre uma partícula e os casos particulares que

examinamos. Como não deu tempo na aula anterior, se avançou para uma rápida parte explicativa (**Fundamentação Teórica IV**) sobre a força magnética em fios condutores causados por campos magnéticos externos.

Em seguida, foi apresentado aos alunos a "**Situação problema 02: Como gerar um imã potente?**". Para envolver os alunos e relacionar a teoria com a série do Dr. Stone, mencionei o personagem de uma série que enfrentou um desafio semelhante em um dos episódios. Foi proposto que eles pensassem em como o personagem poderia resolver esse problema usando conhecimentos que haviam sido adquiridos até aquele momento. Embora inicialmente sem muito avanço, a ideia da corrente elétrica surgiu. No entanto, isso trouxe uma discussão interessante, uma vez que nosso objetivo final era, curiosamente, produzir eletricidade, como iríamos utilizar da corrente elétrica para gerar um imã potente antes? Para ilustrar, destacou-se um trecho do episódio em que o personagem tenta "criar o imã" usando a descarga elétrica de um raio, sempre fazendo a ressalva sobre o caráter fictício da série. O vídeo serviu tanto como uma ferramenta pedagógica quanto como um ponto de partida para discussões mais profundas sobre os princípios reais da física envolvida, e destacar a parte real e fictícia da série. Ao mostrar um trecho da série e discutir as diferenças entre ficção e realidade, ouvindo as hipóteses dos alunos, o professor desempenha o papel de mediador. Isso está em linha com o que Carvalho (2018) descreve sobre dar aos alunos a "liberdade intelectual" e, ao mesmo tempo, orientá-los em sua jornada de descoberta.

Após a discussão, avançou-se para uma parte expositiva (**Fundamentação Teórica V**), orientando desde o início aos alunos que essa parte a ser discutida era mais complexa e, embora fosse apresentado algumas equações durante a exposição, não seria demonstrado nenhuma dedução. O principal objetivo era a assimilação do conteúdo teórico, iniciando pela "Regra da mão direita envolvente" e aprofundando ainda mais o entendimento do experimento de Oersted. Em sequência, foi abordado o campo magnético produzido por um fio retilíneo extenso, seguido do campo gerado por uma única espira. A exploração continuou com o campo magnético originado de uma bobina chata e, por fim, discutido o campo de uma solenoide. Cada tópico foi estrategicamente selecionado para proporcionar uma compreensão abrangente sobre as nuances dos campos magnéticos.

Na sequência, foi conduzido uma demonstração intitulada "**Demonstração Investigativa 04: A força de um eletroímã**". O objetivo era interligar os tópicos discutidos, apresentando a eles um protótipo de motor elétrico, no intuito de saber se eles haviam compreendido a conexão entre corrente elétrica e magnetismo e mostrar uma aplicação prática

em dispositivos pode ser encontrado no cotidiano. Inicialmente, foi questionado sobre o conhecimento deles acerca do multímetro, ferramenta que foi usada para medir a diferença de potencial no motor. Após um breve resumo sobre seu funcionamento, foi solicitado que um aluno medisse a tensão da pilha, enquanto outro usava uma bússola para determinar os polos dos ímãs que gerariam o campo magnético (Figura 54). Descreveu-se o aparato experimental, detalhando a ligação de duas pilhas em série aos terminais da bobina, bem como o posicionamento dos ímãs, cujos polos havíamos previamente identificado.

**Figura 54** - Alunos participando da demonstração do funcionamento de um motor elétrico



Fonte: Autoria própria

Ao ligar o circuito, foi destacado que o eletroímã, que estava desligado (sem corrente), adquiria propriedades magnéticas quando a corrente era ativada. Para ilustrar, foi usado um clip de metal, mostrando sua atração pelo eletroímã ativado e sua indiferença quando o circuito estava aberto - um resultado direto do que havia sido discutido na aula anterior. O mesmo fenômeno foi evidenciado ao aproximar uma bússola do eletroímã.

Foi perguntado o que estaria faltando para minha hélice girar, visto que inicialmente, quando o circuito era ligado, a hélice não girava. Eles, perspicazes, indicaram “precisa de um ímã externo para que haja força magnética”. Ao perguntar também sobre o posicionamento destes ímãs, foram assertivos ao dizer que deveria ser um polo norte e outro sul. Além disso, previram corretamente que inverter os polos dos ímãs alteraria a direção de rotação da hélice. Finalmente, ao demonstrar que a inversão de polos na fonte também mudaria o giro da hélice, eles compreenderam que isso se devia à mudança na direção da corrente elétrica. Os alunos, impulsionados pela curiosidade natural que o ser humano possui, conforme mencionado por

Rodrigues e Borges (2008), foram desafiados a pensar, interagir e construir uma compreensão sobre a relação entre as variáveis experimentais que eram apresentadas. Essa abordagem investigativa, bem exemplificada pela demonstração do motor elétrico, reflete a ideia central de John Dewey, que sugere que a educação deveria ser uma atividade prática, reflexiva e participativa.

## AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS – AULA 03

### 1) Aplicação dos testes conceituais.

No final dessa aula, foi aplicado também mais três testes conceituais para verificar conceitos trabalhados no decorrer da aula e da sequência de aplicação. Utilizando o aplicativo *Plickers*, foi realizada a votação, sempre seguindo as etapas propostas pelo método PI. Nessa aula, 3 alunos estavam ausentes, participando das votações um total de 14 alunos. A Figura 55 mostra o resultado da votação dos alunos em cada teste conceitual aplicado na terceira aula:

**Figura 39** - Resultados da votação testes conceituais aula 03.

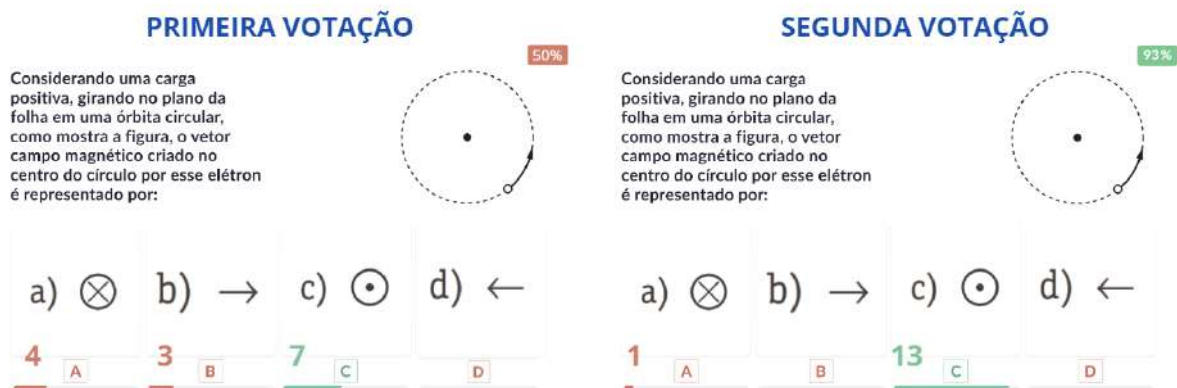
	Teste 07	Teste 08		Teste 09
	primeira votação	primeira votação	segunda votação	primeira votação
<b>% TOTAL</b>	<b>100%</b>	<b>50%</b>	<b>93%</b>	<b>14%</b>
Aluno 01	D	A	C	C
Aluno 02	D	C	C	D
Aluno 03	D	C	C	B
Aluno 04	D	C	C	A
Aluno 05	-	-	-	-
Aluno 06	D	A	A	A
Aluno 07	D	A	C	A
Aluno 08	D	A	C	A
Aluno 09	D	C	C	C
Aluno 10	D	B	C	C
Aluno 11	D	B	C	C
Aluno 12	-	-	-	-
Aluno 13	D	B	C	B
Aluno 14	D	C	C	A
Aluno 15	D	C	C	C
Aluno 16	D	C	C	D
Aluno 17	-	-	-	-

Fonte: *Plickers*

Conforme mencionado na separação dos documentos, não aprofundaremos a análise dos resultados do **teste conceitual 07**, dado que a maioria dos alunos respondeu corretamente às questões. Portanto, confirmamos apenas o gabarito correto com os alunos antes de prosseguir para o próximo teste.

Para o **teste conceitual 08**, após a primeira votação, a turma teve um aproveitamento de 50% de respostas certas. Nessa etapa foi realizado a etapa da “instrução pelos colegas” e aberto a segunda votação, que teve 93% de acerto. A distribuição e o padrão de resposta das duas votações estão representados na Figura 56:

**Figura 40** - Distribuição da votação: Teste Conceitual 08



Fonte: *Plickers*

**Comentários:** Essa questão tinha como objetivo avaliar se os alunos compreenderam a "regra da mão direita envolvente", conceito explicado durante a fundamentação teórica. As alternativas B e D são distratores que indicam um erro de compreensão por parte dos alunos, pois se a partícula ou corrente elétrica estiver se movendo no plano da folha, o campo magnético deverá sempre "sair" ou "entrar" no plano da folha. Isso é corretamente representado na alternativa C (resposta correta), enquanto a alternativa B representa um erro no sentido do campo. Dos alunos, 50% acertaram a questão, e 29% acertaram a direção do campo, porém erraram o sentido, mostrando que entenderam que o campo é sempre perpendicular à direção da velocidade ou corrente elétrica. Os outros 21% erraram tanto a direção quanto o sentido. Vale ressaltar que, se o aluno pensou que o centro da circunferência era um campo "saindo" e aplicou a regra do tapa, a força magnética teria resultado para a direita, que é o mesmo sentido apresentado na alternativa B. Isso pode ter sido uma das causas da confusão.

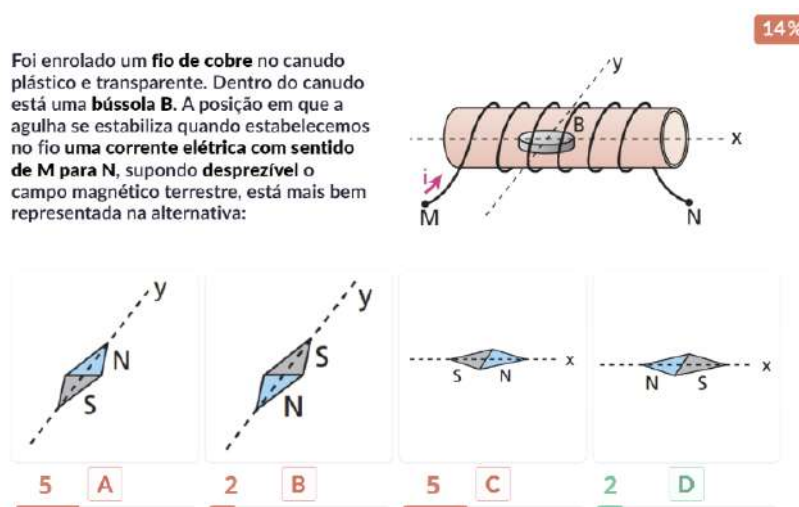


Após a primeira rodada de votação e as discussões em grupo, notou-se que a maioria dos alunos que acertou a questão estava tentando explicar para os colegas que erraram, usando a regra da mão direita envolvente, como o campo magnético deveria estar saindo do plano da folha. Após essa discussão, e uma nova rodada de votação, foi observado que a maioria dos alunos que inicialmente erraram a questão escolheram a alternativa correta, indicando que eles compreenderam o equívoco que tinham cometido anteriormente.

Essa etapa revela que, como destacado por Araújo e Mazur (2013, p. 373), “o grande potencial do IpC, sob uma óptica vygotskyana, estaria na promoção de interações sociais qualificadas entre quem compartilha os significados socialmente aceitos pela comunidade científica, o professor, e os alunos, e deles entre si”.

Para o **teste conceitual 09**, após a primeira votação, a turma teve um aproveitamento de apenas 14% de respostas certas. Com a baixa porcentagem de acertos, não foi realizada uma nova votação. A distribuição e o padrão de resposta da votação estão representados na Figura 57:

**Figura 57** - Distribuição da votação: Teste Conceitual 09



Fonte: *Plickers*

**Comentários:** Esta questão tinha o propósito de verificar se o aluno conseguiu compreender o comportamento de um solenoide próximo a um ímã em barras. Utilizando a 'regra da mão envolvente', os estudantes determinariam que as linhas de campo estão 'emergindo' de uma extremidade (M) e 'adentrando' pela outra extremidade (N), formando, em seu interior, um campo magnético que se orienta da direita para a esquerda. Nesse mesmo sentido, ocorrerá o



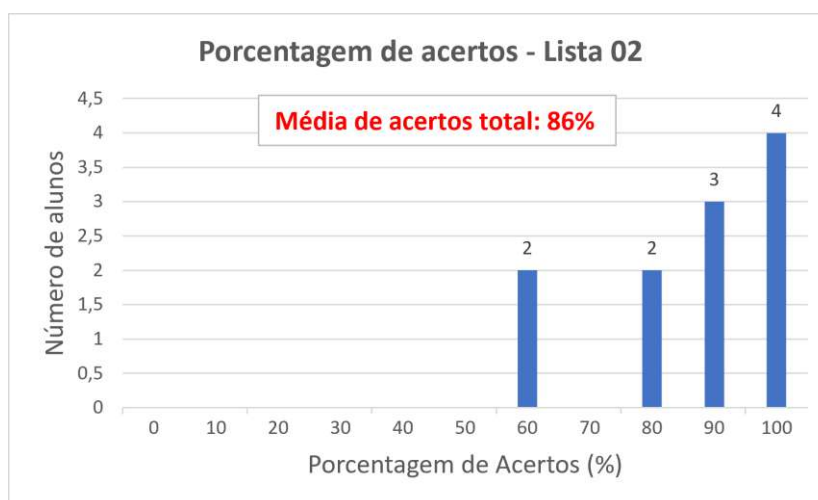
alinhamento da bússola. Se considerarmos que as alternativas C e D representam a parcela dos alunos (50%) que compreenderam o conceito da direção do campo magnético dentro do solenoide, porém erraram o conceito da orientação da bússola, podemos inferir que metade da turma conseguiu, ao menos, aplicar a regra desejada. A outra metade, que marcou as alternativas A e B, não conseguiu identificar nenhum dos dois conceitos mencionados, representando, assim, uma parcela que não foi atenta em aplicar a regra da mão direita envolvente.

Visto que os acertos da turma representaram uma porcentagem inferior a 30%, foi decidido, antes de revelar a resposta correta, realizar uma intervenção focada principalmente em lembrar como se orienta a bússola na presença de um campo magnético. Além disso, foi explicado novamente como são formadas as linhas de campo no interior de um solenoide.

Usando os slides anteriores que foram preparados para aula, foi mostrado uma imagem que auxiliou na explicação e utilizado novamente a bússola e os ímãs como ferramentas auxiliares para a exposição.

## **2) Resultados da entrega da lista 02:**

Antes de liberar os alunos, foi entregue a eles presencialmente a lista de finalização do bloco, composta por seis questões de vestibular. Essas questões focavam principalmente na força magnética gerada em partículas e fios carregados. Os alunos enviaram suas respostas e resoluções por meio de fotos, que foram corrigidas utilizando o *Google Classroom*. Para essa lista, também foi atribuído uma pontuação variável entre 0 e 1 ponto, considerando a correção das questões, os cálculos realizados, as explicações fornecidas e o acerto nas respostas finais. A Figura 58 apresenta o gráfico de distribuição percentual de acertos dos alunos para a segunda lista.

**Figura 58** - Distribuição percentual de acertos: Lista 02

Fonte: Autoria Própria

Nessa segunda lista, seis alunos deixaram de realizar a entrega, totalizando 11 listas resolvidas, com uma média de 86% de acertos nas questões corrigidas. Esse dado, mesmo que superficialmente analisado, indica que, mais uma vez, após as aulas expositivas, demonstrações e testes conceituais, a maioria dos alunos alcançou um desempenho acima da média em questões tradicionais.

### 3) Análise das respostas do questionário da evolução da aprendizagem dos alunos

Continuando o processo de análise das respostas iniciais e finais coletadas pelos alunos, observamos que **três questões** do questionário estavam alinhadas aos tópicos abordados no bloco 02. As respostas dos quatro alunos que participaram de ambos os questionários são destacadas nas tabelas a seguir:

#### PERGUNTA 07: O magnetismo tem alguma relação com a eletricidade? Se sim, qual?

**Tabela 5** - Respostas referentes a questão 07 do questionário.

Q7	Resposta Inicial	Resposta Final
ALUNO 03	“Não tenho conhecimento sobre o assunto.”	“Sim, As <i>cargas elétricas em movimento geram campo magnético e a variação do fluxo magnético produz campo elétrico. O campo</i>

		<i>magnético surge a partir do movimento de carga elétrica, pois ele é resultado da corrente elétrica. Além disso, ele pode resultar de uma força eletromagnética quando ela se associar a ímãs.”</i>
<b>ALUNO 04</b>	<i>“Sim, ele ocorre através das cargas elétricas.”</i>	<i>“Sim, se pode gerar energia através de um ímã.”</i>
<b>ALUNO 07</b>	<i>“Sim, pois as cargas geram campos elétricos.”</i>	<i>“Sim, pois a <b>variação do campo magnético</b> produz <b>campo elétrico</b>.”</i>
<b>ALUNO 09</b>	<i>“Não tenho conhecimento a respeito do assunto, mas acredito que seja algo em relação a corrente elétrica.”</i>	<i>“Sim, a relação está que as cargas que geram a eletricidade quando estão em movimento geram um <b>campo magnético</b>.”</i>

**Comentários:** Observamos nessa pergunta uma evolução significativa nas concepções dos estudantes. O Aluno 03, que inicialmente não tinha conhecimento sobre o assunto foi o que apresentou o maior salto de conceitos entre a resposta inicial e final, evidenciando compreensão das relações entre "**cargas elétricas em movimento**", "**campo magnético**", "**fluxo magnético**" e "**campo elétrico**", fato até então inicialmente desconhecido por ele. O Aluno 04, apesar de não ter detalhado a relação, mencionou a possibilidade de "**geração de energia através de um ímã**". O Aluno 07 demonstrou uma compreensão mais aprofundada ao relacionar "**variação do campo magnético**" e "**produção de campo elétrico**", enquanto o Aluno 09 transitou de um palpite inicial para uma compreensão mais precisa da relação entre cargas em movimento e campo magnético. Essa evolução nas respostas revela o impacto positivo das aulas na construção do conhecimento científico dos estudantes sobre o tema, principalmente nas terminologias utilizadas.

**PERGUNTA 08: O magnetismo só pode ser observado em materiais da natureza ou pode ser obtido artificialmente? Se sim, como?**

**Tabela 6** - Respostas referentes a questão 08 do questionário.

<b>Q8</b>	Resposta Inicial	Resposta Final
<b>ALUNO 03</b>	<i>“Artificialmente.”</i>	<i>“Pode ser obtido artificialmente. <b>Utilizando fio de cobre e um material que contenha ferro.</b>”</i>

<b>ALUNO 04</b>	<i>“Acho que pode ser obtido artificialmente, mas não sei como, tentei responder sem pesquisar.”</i>	<i>“Pode ser obtido das duas formas, imãs naturais são menos potentes, já os artificiais são mais fortes, e podem nem sempre serem magnéticos.”</i>
<b>ALUNO 07</b>	<i>“Acredito que sim, pois acredito que existem alguns materiais artificiais que se pode atribuir características magnéticas.”</i>	<i>“Sim, por meio de materiais que possuem propriedades magnéticas, dessa forma na <b>indústria</b> são feitos vários processos para que esses materiais gerem <b>campo magnético</b>.”</i>
<b>ALUNO 09</b>	<i>“Provavelmente pode ser obtido artificialmente, através de ligação de metais.”</i>	<i>“Pode ser obtido artificialmente, através de materiais que tenham <b>propriedade magnética</b>.”</i>

**Comentários:** Para essa pergunta, o Aluno 03 apresentou a ótima evolução em sua resposta, na, detalhando o processo com o uso de "**fio de cobre**" e "**material que contenha ferro**". Já o Aluno 04, apesar de ter evoluído em sua resposta, apresentou uma concepção equivocada ao afirmar que os imãs artificiais "podem nem sempre ser magnéticos", quando, na verdade, a característica fundamental dos imãs artificiais é justamente possuir magnetismo. Os outros alunos apresentaram respostas que evoluíram de concepções espontâneas para compreensões científicas, sem concepções erradas evidentes. Essa análise mostra o impacto positivo das aulas na construção do conhecimento dos estudantes, destacando a importância de abordar e corrigir concepções equivocadas para solidificar o aprendizado científico, onde o papel do professor, assim como destaca Menezes Leão, (2015) “é que seus alunos adquiram conhecimento científico e que consigam assimilar esse conhecimento com os fenômenos que acontecem no cotidiano.”

#### **PERGUNTA 09: Uma partícula com carga elétrica, possui magnetismo?**

**Tabela 14** - Respostas referentes a questão 09 do questionário.

<b>Q9</b>	Resposta Inicial	Resposta Final
<b>ALUNO 03</b>	<i>“Sim.”</i>	<i>“Sim”</i>
<b>ALUNO 04</b>	<i>“Sim.”</i>	<i>“Apenas quando estiverem em <b>movimento</b>, em repouso geram apenas campo elétrico.”</i>
<b>ALUNO 07</b>	<i>“Acredito que sim.”</i>	<i>“Sim, pois as mesmas quando estão em <b>movimento</b> geram campo magnético.”</i>
<b>ALUNO 09</b>	<i>“Não sei responder a respeito do assunto.”</i>	<i>“Apenas se estiver em <b>movimento</b>.”</i>

**Comentários:** Nessa questão, a maior parte dos alunos evoluiu de uma resposta sem embasamento científico para uma explicação sobre a relação entre a geração de campo magnético por uma partícula e o "**movimento**" dela. O aluno que apresentou a melhor evolução foi o Aluno 04, que inicialmente respondeu apenas "Sim" e, na resposta final, apresentou uma explicação correta e mais completa, destacando que a partícula com carga elétrica gera campo magnético apenas quando está em movimento e, em repouso, gera apenas campo elétrico. O Aluno 03, por sua vez, manteve a mesma resposta "Sim" nas duas ocasiões, sem apresentar evolução ou detalhamento em sua resposta.

### 5.2.5 – AULA 04 – BLOCO 03 – INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA

A quarta aula começou com a "**Demonstração Investigativa 05: O anel saltitante**", também conhecida como o experimento do **Anel de Thompson**. Iniciou-se descrevendo cada elemento envolvido no processo, alertando os alunos sobre a necessidade de precaução ao lidar diretamente com a rede elétrica, fato que gera uma corrente muito alta na bobina e por isso a necessidade de usar um interruptor para manter ela ligada durante uma fração de segundos. Antes de mergulhar no experimento propriamente dito, foi garantido que todos compreendessem que os anéis (de cobre ou alumínio) não eram ferromagnéticos – e para ilustrar essa característica, foi colocado um ímã de neodímio próximo a eles.

Ao realizar a demonstração com o anel de alumínio fechado, o fenômeno visual capturou imediatamente a atenção dos estudantes, pois o anel foi abruptamente expelido (Figura 59). Tentou-se instigar o raciocínio dos alunos, questionando-os sobre a razão desse fenômeno e, embora inicialmente estivessem sem saber uma resposta para explicar o fenômeno, foi evidente que a percepção deles estava sendo aguçada. Um estudante até reviveu conceitos de aulas anteriores, mencionando que “deveria ter relação o campo magnético gerado pela bobina.”

**Figura 41** - Experimento do anel de Thomson sendo realizado.



Fonte: Autoria própria.

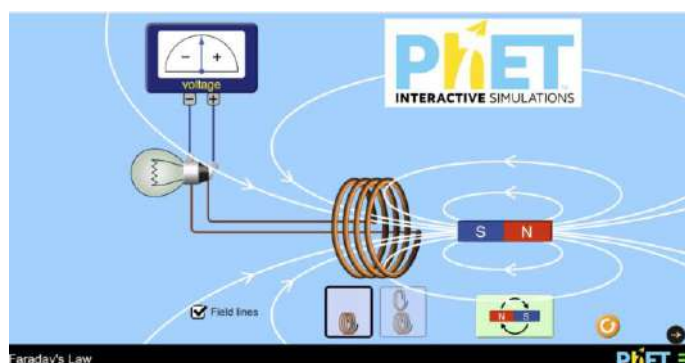
Na tentativa de levá-los a uma maior compreensão, avançamos para a demonstração com o anel cortado (aberto). A intenção era conduzi-los a fazer uma analogia entre circuitos abertos/fechados e a corrente elétrica, sugerindo que uma corrente estava sendo induzida no anel intacto, dando origem a um campo magnético. Mas, para surpresa, a curiosidade deles foi em uma direção diferente, questionando o que ocorreria ao combinar os dois anéis. Ao atender a esse pedido, foram feitos os testes solicitados por eles. Esse acontecimento, destaca uma situação descrita por Carvalho (2013, p. 10), onde, qualquer que seja o problema escolhido, o professor deve dar oportunidade de levantar e testar suas hipóteses, para poder assim passar de uma ação manipulativa para uma estruturação intelectual do seu pensamento.

No entanto, a revelação mais significativa ocorreu quando um aluno mencionou que o anel aberto estava de alguma forma "interrompido", e outro deduziu que essa "interrupção" impedia a passagem da corrente. Esta observação foi fundamental para discussão posterior, onde analisamos a função do núcleo de ferro no experimento. Ao final da demonstração, revisitamos as principais conclusões e foi adicionado uma camada adicional de compreensão sobre a geração de corrente no anel de alumínio, usando as conclusões da demonstração como começo da explicação da **lei da indução eletromagnética**.

Após isso, foi iniciada parte expositiva (**Fundamentação Teórica VI**). Inspirando-se no trabalho pioneiro de Faraday, foi introduzido aos alunos a ideia do fluxo do campo magnético, pavimentando o caminho para uma compreensão mais aprofundada da Lei de

Faraday-Lenz. Discutimos sobre o que, de fato, representava esse fluxo e como Faraday, com sua perspicácia observacional, notou que ao variar esse fluxo em uma espira de área  $A$ , uma corrente era induzida. Para ilustrar esta revelação, analisamos três possíveis formas de variação desse fluxo, todas elas fundamentais na construção de um gerador mecânico: a variação do próprio campo magnético, a alteração da área da espira e a modificação do ângulo entre a espira e o campo magnético. Durante uma dessas exposições, foi utilizado o simulador do PhET (Figura 60) para visualizar de forma mais clara e intuitiva a relação da variação das linhas de campo e a geração de energia elétrica. Esta abordagem combinada, entre experimentação prática e exploração teórica, serviu para cimentar ainda mais os conceitos discutidos, permitindo aos alunos ver, em tempo real, as implicações das descobertas de Faraday em nosso mundo moderno.

**Figura 60** - Simulador da lei de Faraday (PhET)



Fonte: PhET Colorado<sup>6</sup>

## AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM DOS ALUNOS – AULA 04

### 1) Atividade de Mangás: Quadrinhos com falas apagadas de Dr. Stone.

Ao final da aula, os alunos foram divididos em três grupos, sendo dois deles compostos por cinco alunos e um terceiro grupo formado por seis alunos, para realização da atividade. Foi utilizado como referência os capítulos 20, 24 e 25 dos mangás (INAGAKI, BOCHI, 2019) e preparado uma sequência de três momentos da história (Figura 61). Esses momentos coincidem com as situações trabalhadas em cada bloco da SEI.

<sup>6</sup> Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law\\_all.html?locale=pt\\_BR](https://phet.colorado.edu/sims/html/faradays-law/latest/faradays-law_all.html?locale=pt_BR)>. Acesso em 17 de outubro de 2023.

**Figura 61** - Atividades de mangás com os capítulos de Dr. Stone.

Fonte: Autoria própria.

Foi selecionado cenas nas quais os personagens manipulavam ímãs, bússolas, eletroímãs, geradores, entre outros objetos, removendo algumas falas dos personagens para que os alunos pudessem completar a história de forma lógica e cronológica, utilizando as terminologias aprendidas durante a sequência de ensino. A divisão dos grupos foi feita pelos alunos, sendo um dos objetivos avaliar se, por meio do trabalho em equipe, eles seriam capazes de trocar informações e expressar conceitos científicos de forma coerente, resgatando termos utilizados durante as aulas. A distribuição das atividades e a referência de cada aluno no grupo estão representadas na Tabela 15:

**Tabela 15** - Distribuição dos grupos para a atividade de mangás.

Grupo	Referência	Tema da atividade.
Grupo 01	Alunos (03, 04, 09, 11, 16 e 17)	Magnetismo e Ímãs (Cap. 20)
Grupo 02	Alunos (01, 06, 07, 10 e 12)	Ímã Super Potente (Cap. 24 e 25)
Grupo 03	Alunos (02, 05, 08, 14 e 15)	Gerador Elétrico (Cap. 25)

Na análise do material, foi separado a principal contribuição escrita de cada grupo com o intuito de examinar os conceitos e terminologias empregados na construção dos diálogos. Antes de aprofundar nos dados coletados durante o trabalho de cada equipe, gostaria de ressaltar que foi notável o enriquecimento na elaboração do pensamento e diálogo dos estudantes, proporcionado pela inclusão das imagens do mangá. Esse resultado corrobora com a afirmação de Von Linsingen (2018, p. 5), que defende as representações visuais como recursos valiosos



para a construção de significados, especialmente quando apresentados de maneira leve e descontraída, facilitando assim, a assimilação das informações pelos estudantes.

Nas imagens e tabelas subsequentes, estão os trabalhos entregues por cada grupo. Em cada imagem, destacou-se termos e conceitos relevantes que os alunos incorporaram na composição dos diálogos. Durante a análise, esses termos foram relacionados com os tópicos apresentados aos alunos ao longo das aulas para fazer uma sistematização das informações. O objetivo é avaliar se, conforme proposto por Vygotsky, a interação social contribuiu para o desenvolvimento e processo de aprendizagem dos estudantes.

**GRUPO 01:**

**Figura 62 - Atividade de Mangás: Grupo 01**



Fonte: (Adaptado de INAGAKI, BOCHI, 2019)

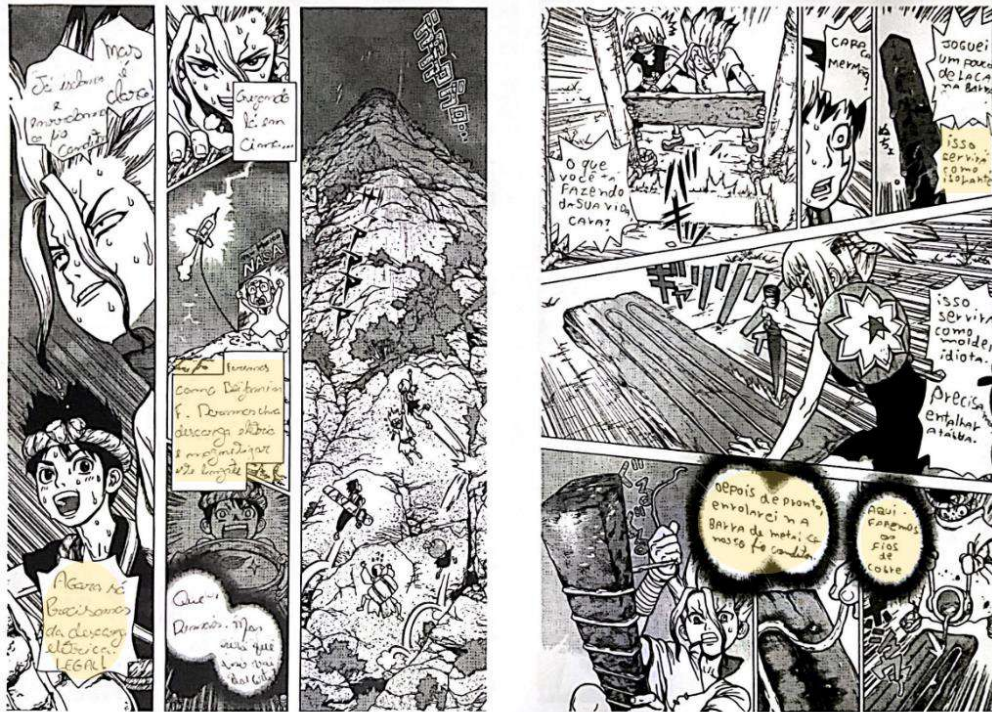
**Tabela 7 - Transcrição dos diálogos: Grupo 01**

Dados da atividade – Grupo 01		
Transcrição do diálogo	Referência do conteúdo	Referência na SEI
“Vamos nos guiar (...) a ponta da folha é o norte da terra e o talo é o sul”	<b>Magnetismo Terrestre.</b>	Tópico trabalhados na aula 01, principalmente durante a demonstração com a bússola e a limalha de ferro.

<p>“Vamos procurar metais no rio com o imã”</p>	<p><b>Magnetização e Força Magnética.</b></p>	<p>Tópico trabalhado na aula 01, demonstração com os carrinhos magnéticos.</p>
<p>“Podemos pegar o imã para gerar energia.”</p>	<p><b>Geração de Energia elétrica e Indução Eletromagnética.</b></p>	<p>Tópico trabalhado na aula 03, principalmente durante a demonstração com o anel saltitante e o uso do simulador do PhET.</p>

**GRUPO 02:**

**Figura 63 - Atividade de Mangás: Grupo 02**



Fonte: (Adaptado de INAGAKI, BOCHI, 2019)

**Tabela 17 - Transcrição dos diálogos: Grupo 02**

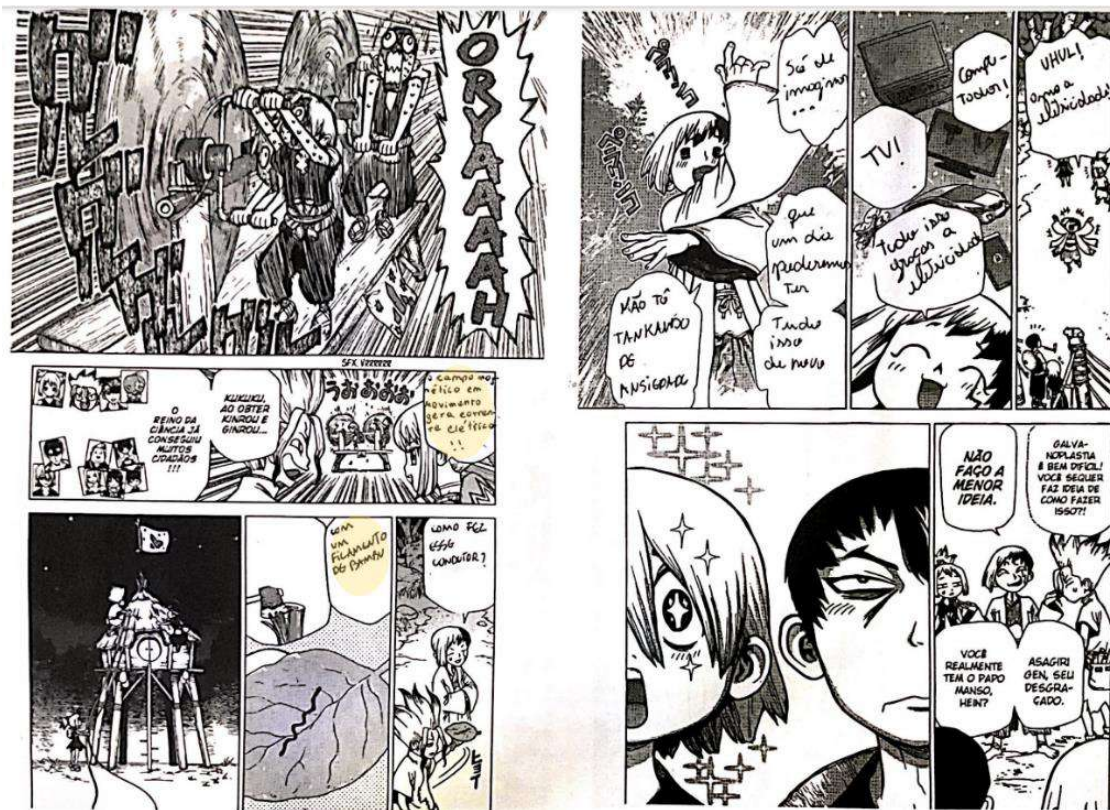
<p><b>Análise da atividade – Grupo 02</b></p>		
<p><b>Transcrição do diálogo</b></p>	<p><b>Referência do conteúdo</b></p>	<p><b>Referência na SEI</b></p>
<p>“Joguei um pouco de laca na barra (...) isso servirá como isolante”</p>	<p><b>Isolantes e condutores elétricos.</b></p>	<p>Tópico trabalhado na aula 01, principalmente durante a situação problema 01, quando estávamos falando dos materiais necessários para procurar na natureza que precisaríamos para o gerador.</p>



<p>“Aqui faremos os fios de cobre (...) depois de pronto, enrolarei na barra metálica nosso fio condutor.”</p>	<p><b>Geração de campo magnético e eletroímãs.</b></p>	<p>Tópicos trabalhados nas aulas 02 e 03, principalmente durante o experimento de Oersted e durante a exposição teórica sobre solenoides.</p>
<p>“Faremos como Benjamin F. Devemos usar descarga elétrica e magnetizar esse lingote (...) Agora precisamos da descarga elétrica. LEGAL.”</p>	<p><b>Criação de ímãs artificiais</b></p>	<p>Tópico discutido na aula 02 e 03, principalmente na situação problema 02, quando vimos como criar um ímã artificial e a resolução desse problema na série.</p>

**GRUPO 03:**

**Figura 42 - Atividade de Mangás: Grupo 03**



Fonte: (Adaptado de INAGAKI, BOCHI, 2019).

**Tabela 18 - Transcrição dos diálogos: Grupo 03**

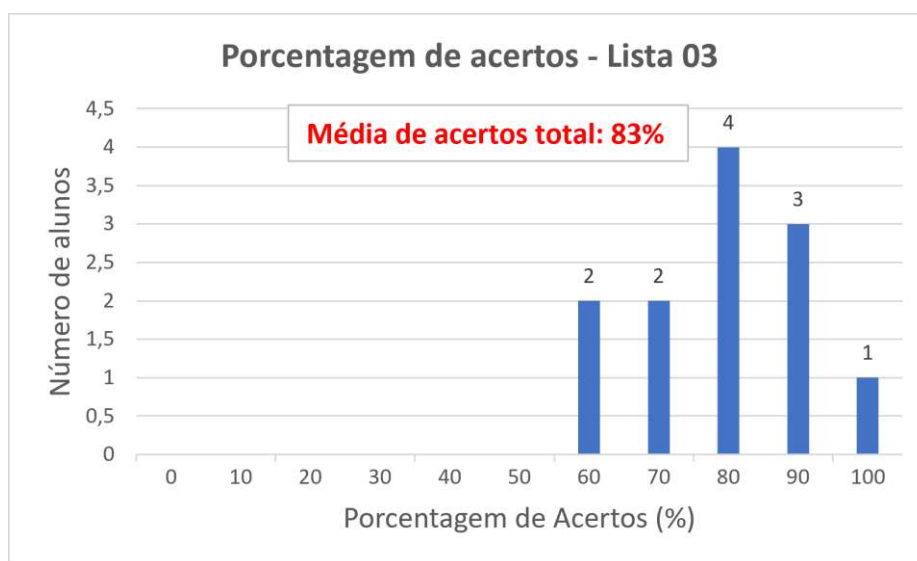
Dados da atividade – Grupo 03		
Transcrição do diálogo	Referência do conteúdo	Referência na SEI
<p>“O campo magnético em movimento gera corrente elétrica.”</p>	<p><b>Geração de Energia elétrica e Indução Eletromagnética.</b></p>	<p>Tópico trabalhado na aula 03, principalmente durante a</p>

		demonstração com o anel saltitante e o uso do simulador do PhET.
“Como você fez esse condutor? Com um filamento de bambu.”	<b>Geradores de energia elétrica.</b>	Tópico trabalhado na aula 01, principalmente durante a situação problema 01, quando estávamos falando dos materiais necessários para procurar na natureza que precisaríamos para o gerador.

É possível perceber, durante a análise do desenvolvimento dos diálogos dos alunos, que, conforme a concepção de Vygotsky e como proposto por Barbosa e Baptista (2018, p. 50), "os sujeitos, ao entrarem em contato com outros membros da sociedade, internalizam hábitos e signos culturais que contribuem para o desenvolvimento do seu pensamento e de sua personalidade." Isso fica evidente ao observarmos que os alunos, ao trabalharem em conjunto, contribuem para o aprimoramento do processo de aprendizagem de cada indivíduo. Segundo os mesmos autores, o papel da escola "é potencialmente promotor de zonas de desenvolvimento proximal, pois cria obstáculos de aprendizagem aos alunos individualmente. Estes, ao contar com a intervenção do professor ou de outros colegas, poderão mais tarde ultrapassá-los."

## 2) Resultados da entrega da lista 03:

Antes de liberar os alunos, foi entregue a eles presencialmente a lista de finalização do bloco 03, composta por seis questões de vestibular, que contava com algumas questões também ainda relacionadas ao bloco 02. Os alunos enviaram suas respostas e resoluções por meio de fotos, que foram corrigidas utilizando o *Google Classroom*. Para essa lista, também foi atribuído uma pontuação variável entre 0 e 1 ponto, considerando a correção das questões, os cálculos realizados, as explicações fornecidas e o acerto nas respostas finais. A Figura 65 apresenta o gráfico de distribuição percentual de acertos dos alunos para a terceira lista.

**Figura 43 - Distribuição percentual de acertos: Lista 03.**

Fonte: Autoria Própria.

Na terceira lista, cinco alunos não realizaram a entrega, resultando em 12 listas resolvidas, com uma média de acertos de 83% nas questões corrigidas. Mesmo que esta análise seja superficial, é possível inferir que, mais uma vez, após as aulas expositivas, demonstrações e testes conceituais, a maioria dos alunos alcançou um desempenho acima da média em questões tradicionais.

### 3) Análise das respostas do questionário da evolução da aprendizagem dos alunos

Finalizando o processo de análise das respostas iniciais e finais coletadas pelos alunos, será analisada a última questão do questionário, que estava alinhada aos tópicos abordados no bloco 03. As respostas dos quatro alunos que participaram de ambos os questionários são destacadas na Tabela 17:

**PERGUNTA 10 - Existe alguma relação entre a produção de energia elétrica e o magnetismo? Se sim, qual?**

**Tabela 19 - Respostas referentes a questão 10 do questionário.**

Q10	Resposta Inicial	Resposta Final
-----	------------------	----------------

<b>ALUNO 03</b>	“Sim.”	“Sim, cargas elétricas estáticas geram um campo elétrico e cargas elétricas em movimento um campo magnético.”
<b>ALUNO 04</b>	“Acho que sim.”	“Sim, o <b>fluxo variado magnético</b> gera um <b>campo elétrico</b> .”
<b>ALUNO 07</b>	“Sim, pois acredito que a partir da movimentação das cargas, vão ser gerados os campos elétricos e esses vão produzir corrente elétrica.”	“Sim, pois <b>ao passar um ímã</b> perto de um fio de cobre é <b>gerada energia elétrica</b> , já que o movimento das cargas gera campo magnético.”
<b>ALUNO 09</b>	“Não sei responder a respeito do assunto.”	“Sim, a produção de energia elétrica gera magnetismo.”

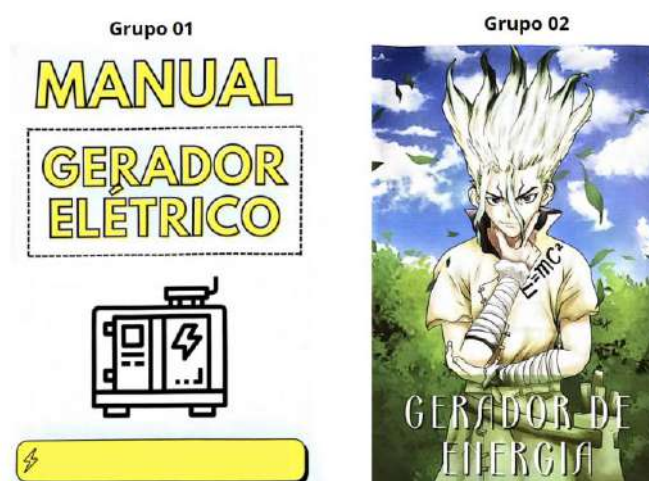
**Comentários:** É interessante notar que, mesmo com a evolução evidente nas respostas, ainda há espaço para aprimoramento e correção de concepções. O aluno 04 apresentou uma excelente evolução, trazendo conceitos como "**fluxo variado magnético**" e "**campo elétrico**" em sua resposta final. O aluno 07 detalhou em sua resposta final o processo de geração de energia elétrica e fazendo uma ligação entre o movimento de um "ímã" próximo a um "fio de cobre" e a produção de energia elétrica. No entanto, o aluno 09, apesar de ter apresentado termos científicos em sua resposta final, inverteu a relação, afirmando que a produção de energia elétrica gera magnetismo, quando na verdade é a variação do fluxo magnético que pode gerar energia elétrica. Essa confusão de termos indica que, embora tenha ocorrido uma evolução na compreensão do tema, ainda foi observado uma pequena confusão na hora de descrever de forma concreta uma explicação sobre o fenômeno.

### 5.2.6 – AULA 05 – OFICINA DE CRIAÇÃO

Antes de descrever o encontro final com os alunos, é fundamental destacar que houve um intervalo de um mês entre a aula 04 e a aula 05. Esse intervalo foi planejado para que os estudantes tivessem tempo suficiente para preparar o gerador experimental e elaborar o respectivo manual. No término da aula 04, foram fornecidas todas as instruções necessárias para a realização do trabalho. Ademais, quaisquer dúvidas ou orientações adicionais foram sanadas por meio da sala de aula virtual, no Google Classroom. A professora da turma também desempenhou um papel crucial, pois ela forneceu orientações adicionais aos alunos na semana seguinte e disponibilizou parte do tempo de aula para que eles pudessem se organizar melhor. Importante ressaltar que os grupos formados e apresentados anteriormente na Tabela 15 foram

mantidos para este trabalho. Como mencionado anteriormente, neste tópico serão discutidos apenas os trabalhos dos Grupos 01 e 02. O Grupo 03, apesar de ter tentado realizar o experimento, não entregou um manual experimental que atendesse ao mínimo das informações solicitadas, logo, não há subsídios suficientes para realizar a avaliação deste grupo. A Figura 66 ilustra as capas dos manuais entregues pelos dois grupos mencionados.

**Figura 66** - Capas dos trabalhos entregue pelos alunos.



Fonte: Adaptado da produção dos alunos.

No início da aula foi solicitado para os alunos entregasse o manual e fizessem uma pequena apresentação em grupo, falando um pouco sobre o processo de criação e uma explicação do fenômeno físico estudado. Para avaliar o processo de aprendizagem dos alunos, foram considerados os critérios:

- 1) Capacidade dos alunos em fornecer **instruções** claras e precisas para a **montagem** do experimento;
- 2) Habilidade dos alunos em criar **instruções** sobre como **operar** o gerador elétrico;
- 3) Competência dos alunos em gerar **explicações técnicas** a respeito do princípio físico por trás do **funcionamento do gerador**.

#### **Critério 01:**

As Figuras 67 e 68 representam a parte dos manuais dos grupos 01 e 02 que estão relacionados com as **instruções de montagem do gerador**.



Figura 44 - Instruções da montagem do gerador: Grupo 01.

### MATERIAIS

Você irá precisar de:

- 1 TUBO DE SERINGA DE 5 ML;
- 1 BOBINA COM NÚCLEO DE AR COM 600 ESPIRAS DE FIO DE COBRE ESMALTADO;
- 1 LED DE COR VERMELHA;
- 9 ÍMÃS DE NEODÍMIO (O UTILIZADO NESSE EXPERIMENTO POSSUI 0,5 CM DE DIÂMETRO);

DES: ANTES DE MONTAR O EXPERIMENTO ATUAL, FOI TESTADO SE DIFERES MANEIRAS COM UM TUBO MAIOR, COM MAIOR E MENOR NÚMERO DE ESPIRAS E COM DOIS LEDs, PORÉM APENAS O ATUAL CONSEGUEU ACENDER O LED.

### PASSO A PASSO

Agora vamos para a montagem:

Após selecionar os materiais devem ser feitas as seguintes etapas:

- Dê cerca de 600 voltas com o fio de cobre em volta da seringa deixando uma ponta de aproximadamente 10cm no início e no final;
- Após as voltas, as duas pontas de cobre deverão ser raspadas, tirando todo o esmalte do fio;
- Com as pontas sem esmalte, cada perna do led deverá ser ligada a uma ponta;

Veja a imagem a seguir para que seja de melhor entendimento:

### PASSO A PASSO

Deverá ficar assim:



Fonte: Adaptado da produção dos alunos.

Figura 45 - Instruções da montagem do gerador: Grupo 02.

### Materiais:

1. Fio de cobre
2. 10 ímãs pequenos
3. 1 seringa
4. 1 led



**1**

Passo 1: Enrolar o fio em volta da seringa de forma que forme uma bobina. Dando cerca de 800 voltas. Deixando cerca de 50cm de fio sobrando.



**2**

Passo 2: Conectar os leds com seus polos invertidos.



Passo 3: Conectar as pontas do fio da bobina com os leds.



Fonte: Adaptado da produção dos alunos.

Nessa fase da avaliação, observou-se que ambos os grupos atenderam satisfatoriamente aos critérios estabelecidos. Os manuais de ambos os grupos destacaram de forma adequada os materiais necessários para a construção do gerador elétrico, assim como forneceram um passo a passo detalhado do processo de montagem. Um aspecto que merece destaque no trabalho do Grupo 01 foi a nota inclusa na descrição dos materiais, na qual os alunos deixaram claro que

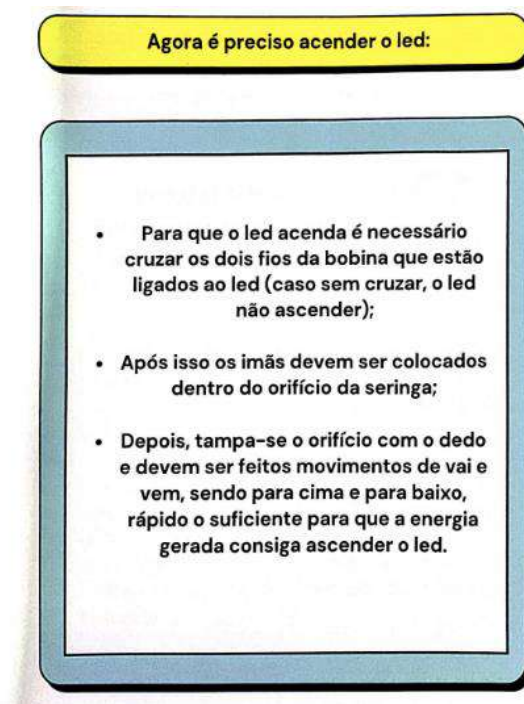


“antes de montar o experimento atual, foi testado de outras maneiras (...), porém apenas o atual conseguiu acender o LED”. Essa etapa do processo de resolução de um problema é enfatizada por Carvalho (2018, p.11), que salienta que “o importante não é o conceito que se quer ensinar, mas as ações manipulativas que dão condições aos alunos de levantar hipóteses (ou seja, ideias para resolvê-lo)”. A autora ainda ressalta que é a partir desses testes experimentais que os alunos desenvolvem a capacidade de construir seu conhecimento, fato que se concretizou durante o processo de montagem do gerador.

### **Critério 02:**

As Figura 69 e 70 representam a parte do manuais dos grupos que estão relacionados com as **instruções de operação do gerador**.

**Figura 46** - Instruções da utilização do gerador: Grupo 01



Fonte: Adaptado da produção dos alunos.

**Figura 70** - Instruções da utilização do gerador: Grupo 02



Fonte: Adaptado da produção dos alunos.

Os dois grupos optaram por construir o mesmo tipo de gerador, embasando-se em um dos princípios discutidos em aula: o uso do movimento dos ímãs para alterar o campo magnético no interior da bobina. Essa montagem, por ser mais simples e menos trabalhosa, se mostrou uma escolha comum pelos grupos, dada a proximidade de importantes vestibulares, como o ENEM, e a conseqüente necessidade dos alunos de otimizar seu tempo de estudo.

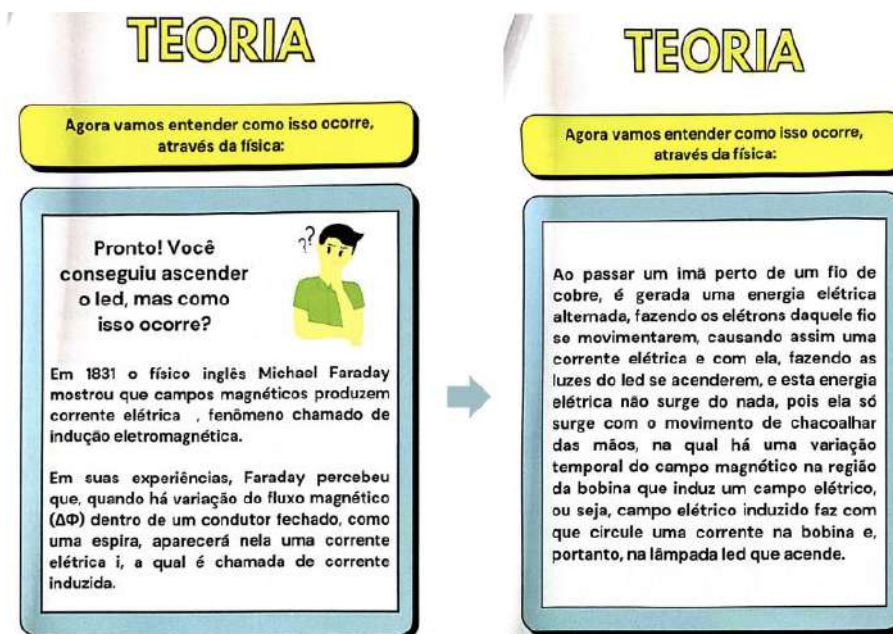
No que tange à avaliação, observou-se que os alunos conseguiram compreender o processo de geração de energia, conforme evidenciado pelos passos apresentados em ambos os manuais. Conforme salienta Carvalho (2018, p.19), os alunos demonstraram ter alcançado uma **aprendizagem procedimental**, que se dá quando são capazes de descrever, por meio de textos e/ou ilustrações, a sequência de ações realizadas durante uma investigação. Palavras como "chacoalhar" e "movimentos de vai e vem", utilizadas pelos alunos, denotam que eles não só assimilaram o procedimento como também foram capazes de transmiti-lo aos leitores dos manuais.

### **Critério 03:**

O grupo 01, foi o único que atendeu o último critério, durante a apresentação o grupo 02 também deu suas explicações, mas como tinha combinado nas instruções, só foi avaliado nessa etapa os pontos presentes e escritos no manual, visto que esse ponto serviu para identificar os conceitos mais científicos e as terminologias utilizadas. A Figura 71 representa a partes do

manual do grupos que estão relacionados com as **explicações técnicas do funcionamento do gerador**.

**Figura 71** - Parte da explicação técnica do funcionamento do gerador: Grupo 01



Fonte: Adaptado da produção dos alunos.

O grupo 01 fechou com excelência seu manual, conseguindo relacionar a prática experimental com a parte dos conceitos científicos que foram trabalhados ao longo da SEI. Esse resultado está em consonância com as observações de Capecchi (apud CARVALHO et al., 2013, p.23), que destaca como é comum observamos em atividades lúdicas um salto brusco entre a uma abordagem dita conceitual e a repentina transformação da linguagem coloquial para uma linguagem científica. Tal transição representa um dos principais objetivos do trabalho, que é avançar em uma sequência investigativa, com ênfase na interação social proposta por Vigotsky, a fim de promover a internalização de significados pelos estudantes (MOREIRA, 1999, p.112), promovendo a aprendizagem e culminando em uma alfabetização científica.

Esse salto qualitativo na utilização de termos científicos ficou evidente quando o Grupo 01 relacionou, em seu manual, o "movimento de chacoalhar das mãos" com a "variação temporal do campo magnético na bobina" e a subsequente indução de um "campo elétrico induzido". A explicação fornecida pelos alunos para o fenômeno em questão foi clara, precisa e empregou adequadamente a linguagem científica.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da problemática apresentada, esta pesquisa se propôs a investigar o potencial de um material didático de cunho investigativo, utilizando a série de mangá "Dr. Stone" como instrumento instigador para a aprendizagem de tópicos de Eletromagnetismo no Ensino Médio. Nossa análise considerou diversos aspectos pedagógicos e didáticos, com base na teoria sociocultural de Vygotsky e nos princípios da Sequência de Ensino Investigativa, visando uma abordagem que privilegia o aluno como agente ativo em seu processo de aprendizagem e faça com que eles alcancem uma alfabetização científica.

A análise teórica permitiu compreender que o processo educacional, especialmente em disciplinas como a Física, anseia por uma abordagem que vá além do tradicional, integrando recursos que possam instigar a curiosidade e participação ativa dos alunos, como o uso do aplicativo *Plickers* para realizar testes conceituais, utilizando o método *Peer Instruction* para obter um *feedback* do processo de ensino-aprendizagem dos alunos. A escolha do mangá "Dr. Stone" como recurso didático se mostrou pertinente, uma vez que a obra apresenta em sua narrativa diversos aspectos relacionados à ciência, de forma lúdica e acessível, dialogando diretamente com o público-alvo.

A metodologia de pesquisa adotada, de caráter qualitativo e interpretativo, permitiu uma análise profunda do objeto de estudo, fundamentada em observações minuciosas, bem como em análises de questionários, testes conceituais, listas de exercícios, atividades em grupo e situações-problema aplicadas aos alunos. Conforme discutido no capítulo 5, os resultados desta pesquisa evidenciam uma evolução clara nos conceitos e terminologias utilizadas pelos estudantes, especialmente no que se refere à transição de pseudoconceitos ou conceitos inexistentes para conceitos científicos e claros, como demonstrado nos resultados dos questionários aplicados. Adicionalmente, os resultados obtidos com a aplicação dos testes conceituais mostraram um avanço nas respostas dos alunos, principalmente após a etapa de Instrução pelos colegas, com uma média de mais de 40% de melhoria nas respostas. Os trabalhos em grupo, como a atividade com mangás e a criação do manual do gerador elétrico, evidenciaram a capacidade dos alunos de colaborarem entre si, valendo-se da interação social como meio de troca de significados para consolidar todos os conceitos abordados na SEI. Vale ressaltar, ainda, que, mesmo em uma sequência que foge ao formato tradicional de aula, os resultados das listas de exercícios alcançaram um percentual superior a 80% de respostas corretas, não evidenciando qualquer prejuízo na execução dessas questões.

Em síntese, os resultados do presente trabalho se configuram como uma contribuição para o campo da educação em ciências, especificamente no que tange ao ensino de Física. As análises realizadas e os resultados obtidos apontam para a necessidade de repensar as abordagens pedagógicas adotadas em sala de aula, buscando estratégias que sejam mais alinhadas com as demandas e interesses dos estudantes contemporâneos. A utilização de recursos lúdicos e instigadores, como o mangá "Dr. Stone", demonstrou ser uma alternativa viável e eficaz para promover um ensino de Física mais dinâmico, participativo e, conseqüentemente, mais significativo para os alunos.

Ademais, cabe ressaltar a relevância da continuidade de pesquisas que busquem integrar diferentes recursos didáticos e metodologias ativas de ensino, visando aprimorar cada vez mais o processo educacional e contribuir para a formação de cidadãos críticos, capazes de compreender e atuar de forma consciente e participativa em sua realidade social.

## REFERÊNCIAS

- AZEVEDO, M. C. Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula. In, A. M. Carvalho (org), Ensino de Ciências: Unindo a pesquisa e a prática (pp. 19-33). São Paulo: Cengage Learning, 2009.
- ANDRÉ, M. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? *Revista da FAEBA-Educação e Contemporaneidade*, 22(40), 95-103, 2013.
- AQUINO, Adelmo Artur; FEITOSA, Murilo Carvalho; LAVOR, Otávio Paulino. Aplicação de uma sequência de ensino investigativa para o estudo de circuitos de corrente alternada. **Revista de enseñanza de la física**, v. 32, n. 2, p. 79-90, 2020.
- ARAÚJO, I. S.; MAZUR, E. Instrução pelos colegas e ensino sob medida: uma proposta para o engajamento dos alunos no processo de ensino-aprendizagem de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 30, n. 2, p. 362–384, 2013. ISSN 1677-2334.
- BARBOSA, R. G.; BATISTA I. de L. (2018). Vygotsky: Um referencial para analisar a aprendizagem e a criatividade no ensino da física. *Revista Brasileira de pesquisa em Educação em Ciências*, 49-67, 2018.
- BARDIN, L. Análise de conteúdo. São Paulo: Edições 70, 229p. 2011.
- BELLUCCO, Alex; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Uma proposta de sequência de ensino investigativa sobre quantidade de movimento, sua conservação e as leis de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 30-59, 2014.
- BOGDAN, R.C.; BIKLEN, S. K. *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria a aos métodos*. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Mourinho Baptista. Porto: Porto Editora, 1994. 337 p. (Coleção ciências da educação). Tradução de: Qualitative Research for Education. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/63902465/bogdan-biklen-investigacao-qualitativa-em-educacao-1>>;
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.
- CALÇADA, Caio Sergio; SAMPAIO, Jose Luiz; Física clássica, 3: eletricidade e física moderna. — 1. ed. — São Paulo: Atual, 2012
- CARUSO, Francesco; DE FREITAS, Nilton. Física Moderna no Ensino Médio: o espaço-tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 355-366, 2009.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de et al. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning**, v. 1, p. 1-19, 2013.

CARVALHO, AMP de. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas (SEI). **O uno e o diverso na educação**, v. 1, p. 253-266, 2011.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 765-794, 2018.

CORRÊA, Swellen Pereira; DOS SANTOS GOMES, Nataniel. O MANGÁ NO BRASIL E SUA LINGUAGEM, 2012.

CUNHA, R. B. (2017). ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA OR LETRAMENTO CIENTÍFICO? INTERESTS INVOLVED IN THE INTERPRETATION OF THE CONCEPT OF SCIENTIFIC LITERACY. *Revista Brasileira de Educação*, 22(68), 169-186.

CUNHA, Rodrigo Bastos. A importância do uso de autores dos estudos da linguagem nas referências bibliográficas dos trabalhos sobre alfabetização científica e letramento científico. **Raído**, v. 12, n. 30, p. 11-20, 2018.

CUNHA, Rodrigo Bastos. Alfabetização científica ou letramento científico? interesses envolvidos nas interpretações da noção de scientific literacy. **Revista Brasileira de Educação**, v. 22, n. 68, p. 169-186, 2017.

DE MENEZES LEÃO, Núbia Maria; KALHIL, Josefina Barrera. Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências. **Latin-American Journal of Physics Education**, v. 9, n. 4, p. 12, 2015.

FEYNMAN, Richard Philipps; LEIGHTON, Ralph; SANDS, Matthew; et al. Lições de física de Feynman. [Revisão Técnica]. [S.l: s.n.], 2008.

FRANCO, Maria Laura Puglisi Barbosa. Análise de conteúdo. In: **Análise de conteúdo**. 2008. p. 79-79.

FUJITAKI, Kazuhiro et al. **Guia Mangá de Eletricidade**. Novatec Editora, 2010.

INAGAKI, Riichiro; BOICHI. Dr. Stone V.3 – Barueri, SP : Panini Brasil, 2019.

GASPAR, Alberto Compreendendo a física / Alberto Gaspar. – 2. ed. – São Paulo: Ática, 2013. Conteúdo: v. 3. Eletromagnetismo e física moderna.

GASPAR, Alberto; MONTEIRO, Isabel Cristina de Castro. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. **Investigações em ensino de ciências**, v. 10, n. 2, p. 227-254, 2016.

GIL, AC. Como elaborar projetos e pesquisa. 3a ed. São Paulo: Atlas; 1995:58.

GRAF, 2005. Física 3: Eletromagnetismo. São Paulo, EDUSP

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. Vol 3. 10. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 2016.

INEP, M. (2016). Brasil no PISA 2015: análises e reflexões sobre o desempenho dos estudantes brasileiros/OCDE-Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico. *São Paulo: Fundação Santillana*. Disponível em:[https://download.inep.gov.br/acoes\\_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015\\_completo\\_final\\_baixa.pdf](https://download.inep.gov.br/acoes_internacionais/pisa/resultados/2015/pisa2015_completo_final_baixa.pdf)

JÚNIOR, João Mauro Silva; COELHO, Geide Rosa. O ensino por investigação como abordagem para o estudo do efeito fotoelétrico com estudantes do ensino médio de um Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 1, p. 51-78, 2020.

MAZUR, E. (2015). *Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa*. Penso Editora.

MENDES, Rosana Maria; MISKULIN, Rosana Giaretta Sguerra. A análise de conteúdo como uma metodologia. **Cadernos de Pesquisa**, v. 47, n. 165, p. 1044-1066, 2017.

MOREIRA, M. A. (1999). *Teorias de aprendizagem* (Vol. 2). São Paulo: Editora pedagógica e universitária.

MOREIRA, M. A. (2003). Pesquisa em ensino: aspectos metodológicos. *Actas del PIDEC: Programa internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias*, 5, 101-136.

MOREIRA, Marco Antonio. Abandono da narrativa, ensino centrado no aluno e aprender a aprender criticamente. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 4, n. 1, 2011.

MOURA, Fábio Andrade; SILVA, Rubens. O Ensino de Física por Investigação: A socioconstrução do conhecimento para medir a aceleração gravitacional. **Research, Society And Development**, v. 8, n. 3, p. e1083771-e1083771, 2019.

NITTA, Hideo; TAKATSU, Kbita. Guia mangá de física: mecânica clássica. **São Paulo: Novatec**, 2010.



NITTA, Hideo; YAMAMOTO, M.; TAKATSU, K. Guia mangá relatividade. **Tradução: Edgard B. Damiani**, 2011.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de física básica: Eletromagnetismo – 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 2015.

OCDE. Brasil Resultados principais 2015. [S.l.], 2016. Disponível em: <https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Brazil-PRT.pdf>

OLIVEIRA, Leticia Maria; FERREIRA, Kassiano Ademir Amorim. A Física e os super-heróis: uma forma divertida de falar de Ciência. **Revista Ciências & Ideias ISSN: 2176-1477**, v. 9, n. 3, p. 169-182, 2019.

OLIVEIRA, Vagner; ARAUJO, Ives Solano; VEIT, Eliane Angela. Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, n. 3, 2017.

PANTOJA, Glauco Cohen; MOREIRA, Marco Antonio. Investigando a implementação de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa sobre o conceito de Campo Magnético em disciplinas de Física Geral. **Revista electrónica de investigación en educación en ciencias**, v. 14, n. 2, p. 01-17, 2019.

PINTO, Talles Vinícius de Oliveira. Construção e utilização do mangá para o ensino de magnetismo para a 3ª série do ensino médio. 2018.

RIO DE JANEIRO. Governo do Estado do Rio de Janeiro. Secretaria de Estado de Educação. Currículo Mínimo 2012: Física. Rio de Janeiro, 2012.

ROCHA, José Fernando (Ed.). **Origens e evolução das idéias da física**. SciELO-EDUFBA, 2002.

RODRIGUES, B. A., & BORGES, A. T. O ensino de ciências por investigação: reconstrução histórica. *Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*, 1-12, 2008.

RODRÍGUEZ, G. G., Flores, J. G., & JIMÉNEZ, E. G. Metodología de la investigación cualitativa. Málaga: Ediciones Aljibe, 1999.

SANTOS, Alef Bruno; DE MENESES, Fábria Maria Gomes. O anime pokémon como ferramenta lúdica no processo de ensino e aprendizagem em ciências (física e química). **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 3, n. 1, 2019.

SANTOS, Gedeel et al. Sequência de ensino investigativa para o ensino da lei de Hooke e movimento harmônico simples: uso do aplicativo Phyphox, o simulador Phet e GIF's. **Revista de enseñanza de la física**, v. 31, n. 2, p. 91-108, 2019.

SANTOS, Wagner José; SILVA, Ivanderson Pereira. Revisão acerca dos temas alfabetização científica e ensino por investigação. **EDUCA-Revista Multidisciplinar em Educação**, v. 5, n. 12, p. 138-150, 2018.

SASSERON, Lúcia Helena; DE CARVALHO, Ana Maria Pessoa. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em ensino de ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Anna Maria Pessoa. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em ensino de ciências**, v. 16, n. 1, p. 59-77, 2016.

SERWAY, Raymond A., JEWETT, John W., *Princípios de Física Volume 3 Eletromagnetismo*, Ed. Thomson São Paulo, 2006.

SILVA, Andressa Hennig; FOSSÁ, Maria Ivete Trevisan. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para análise de dados qualitativos. **Qualitas Revista Eletrônica**, v. 16, n. 1, 2015.

STUDART, Nelson. Inovando a ensinagem de física com metodologias ativas. **Revista do Professor de Física**, v. 3, n. 3, p. 1-24, 2019.

TALIM, Sérgio Luiz. Dificuldades de aprendizagem na terceira lei de Newton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 2, p. 143-153, 1999.

TEIXEIRA, Francimar Martins. Alfabetização científica: questões para reflexão. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, n. 4, p. 795-809, 2013.

TESTONI, Leonardo André; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. A utilização de histórias em quadrinhos no ensino de física. **Anais**. Bauru, SP: ENPEC/ABRAPEC, 2003.

VENTURA, M. M. (2007). O estudo de caso como modalidade de pesquisa. *Revista SoCERJ*, 20(5), 383-386.

VON LINSINGEN, Luana. Mangás e sua utilização pedagógica no ensino de ciências sob a perspectiva CTS. *Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631)*, v. 1, 2008.

VYGOTSKY, L.S. (1988) *A formação social da mente*. 2 ed. brasileira. São Paulo, Editora Martins Fontes.

VYGOTSKY, L.S. (1999). *Pensamento e Linguagem*. São Paulo. Editora Martins Fontes.

VYGOTSKY, L.S. (2001). *A construção do pensamento e da linguagem*. São Paulo. Editora Martins Fontes.

YIN, R. (1993). Applications of case study research. Beverly Hills, CA: Sage Publishing.

YIN, R. (2001). Estudo de Caso. Planejamento e Métodos. Porto Alegre: Bookman.

ZÔMPERO, Andreia Freitas; LABURÚ, Carlos Eduardo. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.

## APÊNDICES

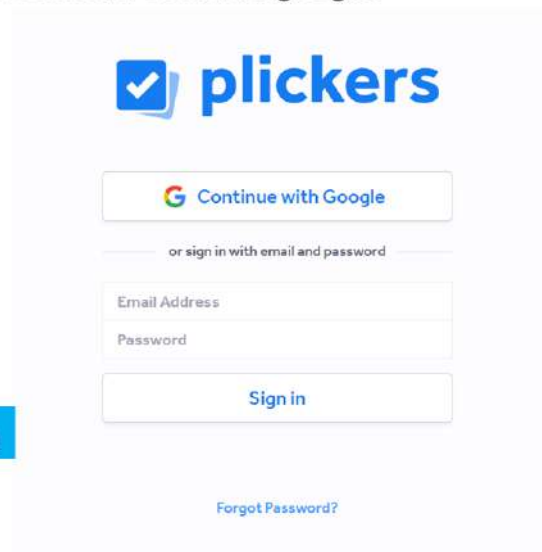
### APÊNDICE A – COMO UTILIZAR O APLICATIVO PLICKERS?



Vá até o site e faça seu cadastro ou entre com sua conta do google:



Site: <https://www.plickers.com/login>

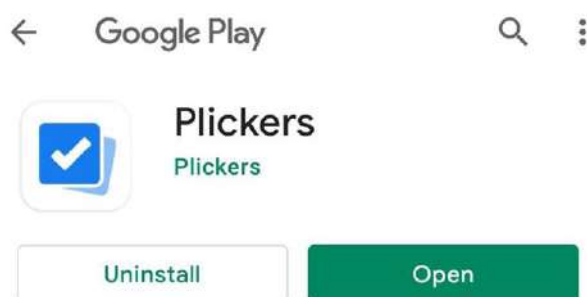


The screenshot shows the Plickers login interface. At the top left is the Plickers logo, which consists of a blue square with a white checkmark and the word "plickers" in blue lowercase letters. Below the logo is a button labeled "Continue with Google" with the Google logo icon. Underneath that is the text "or sign in with email and password". There are two input fields: "Email Address" and "Password". Below these fields is a "Sign in" button. At the bottom of the page, there is a link that says "Forgot Password?".

No seu celular, baixe o aplicativo pela Play ou Apple Store:



Link para Play Store



The screenshot shows the Plickers website interface with the following annotations:

- New Set**: Aqui você cria um novo conjunto de questões.
- Recent**: Aqui você vê as questões mais recentes criadas/editadas.
- Your Library**: Aqui você vê todas as questões criadas.
- Reports**: Aqui você vê os últimos resultados das questões aplicadas.
- Scoresheet...**: Aqui você vê os resultados gerais das questões aplicadas.
- Your Classes**: Aqui você administra suas turmas e cria novas turmas.
- Salesiano - Curso**: Aqui você organiza e adiciona novos packs de questões.
- Now Class**: (Annotation points to the 'Now Class' item in the 'Your Classes' section)
- Your Packs**: (Annotation points to the 'Your Packs' section)
- Curso - Professor Digital**: (Annotation points to the 'Curso - Professor Digital' item in the 'Your Packs' section)
- Espeelhos esféricos**: (Annotation points to the 'Espeelhos esféricos' item in the 'Your Packs' section)
- Espeelhos Planos e Reflexão**: (Annotation points to the 'Espeelhos Planos e Reflexão' item in the 'Your Packs' section)
- Introdução a Óptica**: (Annotation points to the 'Introdução a Óptica' item in the 'Your Packs' section)
- Introdução Física**: (Annotation points to the 'Introdução Física' item in the 'Your Packs' section)
- Introdução Física I**: (Annotation points to the 'Introdução Física I' item in the 'Your Packs' section)
- Lançamento e Cinemática...**: (Annotation points to the 'Lançamento e Cinemática...' item in the 'Your Packs' section)
- Lentes Esféricas**: (Annotation points to the 'Lentes Esféricas' item in the 'Your Packs' section)
- PISM**: (Annotation points to the 'PISM' item in the 'Your Packs' section)
- Refração**: (Annotation points to the 'Refração' item in the 'Your Packs' section)
- New Pack**: (Annotation points to the 'New Pack' item in the 'Your Packs' section)

## Fazendo download do QR CODE do PLICKERS:

No site, no canto superior direito vá em **Help -> Get Plickers Cards**

The screenshot shows the Plickers Help menu with the following items:

- Upgrade to Pro
- P Moll
- Help
- Plickers Help Home
- Getting Started Guide
- Get Plickers Cards** (highlighted)
- Get iOS App
- Get Android App
- E-Learning Help
- Upgrade to Pro
- Contact Plickers

### Get Plickers Cards

Plickers will always offer FREE printable cards for teachers!

Our Standard Set of Cards #1-40 is ideal for most average-sized classrooms. → **Baixar 40 cards no tamanho normal**

- Visit the Cards Overview help page for tips on printing and using your cards in the classroom.

### Buy Pre-Made Cards

Order our official plastic, durable Plickers cards from [Amazon.com](#) to save time, effort, and ink!

- Plastic Cards are available as a standard set of cards #1-30 for \$19.99.
- These 5.5" x 5.5" cards have a matte finish which allows them to be scanned from up to 25 feet away.

### Other Options

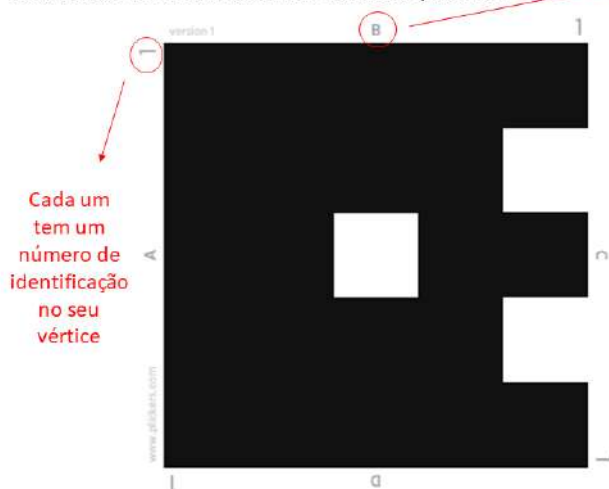
Browse our other options, which offer additional cards or modified formatting, to find a set that fits your needs. Click on sets below to order cards or download the PDF that best suits your needs and print for free!

- Pre-made plastic cards #30-40, available for purchase at [Amazon.com](#)
- Expanded Set with cards #1-63, for large class sizes → **Baixar 63 cards no tamanho normal**
- Large Font Set with cards #1-40, ideal for younger students or anyone who may have trouble reading the letter answers
- Jumbo Cards expanded set with #1-63 oversized cards, for large student groups

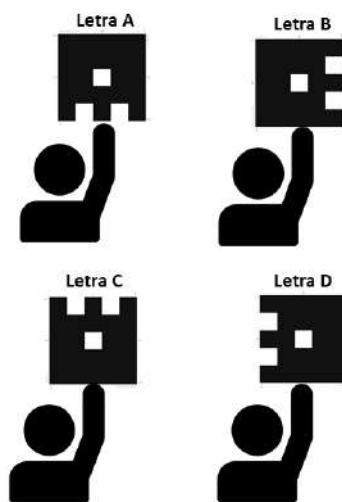
→ **Baixar 40 ou 63 cards no tamanho grande (Uma folha A4 toda)**

### Conhecendo o QR CODE:

Todos os QR CODES são diferentes entre si e possuem:




A alternativa que quiser votar tem que estar virada para cima:

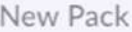


## Como adicionar questões?




## Há duas formas de você adicionar questões no MENU esquerdo principal:

 ➔ Cria um conjunto de até 5 questões no modo gratuito para você usar.

 ➔ Cria uma pack com um nome para adicionar quantos Sets e quantas questões individuais quiser. (Além de pastas para organização)

Vamos adicionar uma pasta clicando em “New Pack” (É melhor para organizar suas questões por turma ou temas):



Adiciona o nome da sua pasta

Adiciona uma imagem a sua pasta

Informações adicionais (Ano da turma, nível...)

Descrição do conteúdo da pasta

Buttons: **Create Pack**

Após criar o seu Pack, você irá poder acessar ele pelo menu lateral esquerdo:



Back to Teste

**Your Packs**

- Curso - Professor Digital
- Espelhos Esféricos
- Espelhos Planos e Reflexão
- Introdução a Óptica
- Introdução Física
- Introdução Física I
- Lançamento e Cinemática...
- Lentes Esféricas
- PISM
- Questões Turma X**
- Refração
- New Pack

**Questões Turma X**

Questões de Física da turma do colégio...

New Set

NAME -> MODIFIED

Your new Pack is all ready to go!

Você pode criar uma pasta para melhor organização

- New Question
- Edit Pack Details
- View Trash
- Delete Pack

**Publish Pack**

Share your pack with teachers around the world.

Invite

Há duas formas de criar uma questão aqui:

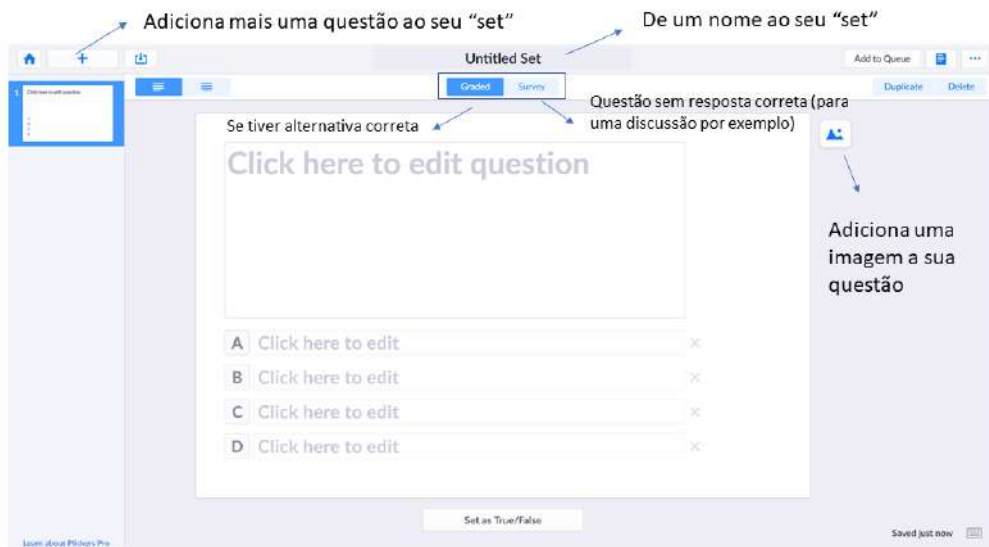
**New Set:** Você criar um conjunto de até 5 questões para serem utilizadas juntas.

**New Question:** Você cria somente uma questão.

Obs: Todas irão ficar salvas no “Pack” que você criou e poderão ser utilizadas.



Ao clicar em **New Set** ou **New Question** você será redirecionado a página de criação:



Você pode adicionar suas questões e marcar a correta se for o caso:



Suas questões ficam salvas no seu “pack” e podem ser utilizadas a qualquer momento:

### Questões Turma X

Questões de Física da turma do colégio...

New Set 📁 ...

NAME ^	MODIFIED
2 Questões Teste	1 min ago

**Vamos agora ver como criar as turmas e depois voltamos em como adicionar as questões a qualquer turma!**

## Como criar uma turma?



## Primeiramente vamos adicionar nossa turma:

Vá em "New Class" para adicionar



Você pode nomear sua turma ou importar uma já existente no Google Classroom:

**New Classes**  
We suggest naming your class something not too long, like "AP Chemistry" or "Period 2 Biology".

[Import from Google Classroom...](#)

**Create Class**  
Press ENTER

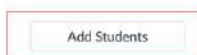
## A seguir vamos adicionar nossos alunos:

Com sua turma já criada clique nela para adicionar os alunos:



### Teste is almost ready

Finish setup by adding your students



Agora é só digitar manualmente o nome e sobrenome do aluno e avançar (Caso você já tenha uma planilha, pode copiar e colar).

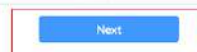
**Add Students to Teste** Cancel

**Enter Names**  
Type in student names into the box below. You can also copy-paste rows and columns from a spreadsheet. Make sure each student is on a new line.

Pedro Augusto  
Mina Letícia  
Roberto Tavares  
Nayara Pontes  
Guto Verçosa  
Roberto Carlos

**Student Roster Preview**

First Name	Last Name
Pedro	Augusto
Mina	Letícia
Roberto	Tavares
Nayara	Pontes
Guto	Verçosa
Roberto	Carlos



**Continua**

## Vamos organizar a nossa turma:

Você pode organizar seus alunos e programar um número de QR CODE para cada um de três formas:

**Add Students to Teste** [Cancel]

As Entered | **Sort by First Name** | Sort by Last Name

1	Guto Verçosa	3	Navara Pontes	5	Roberto Tavares
2	Maria Letícia	4	Pedro Augusto	6	Roberto Carlos

Pela ordem que você colocou | Pelo primeiro nome | Pelo último nome

[Back] [Done]

**IMPORTANTE:**  
Após isso cada aluno irá está associado a um número, que será o número do QR CODE a ser entregue para ele.

## Usando o Plickers de forma remota:

Quando criar uma turma, irá aparecer essa opção se deseja fazer com que os estudantes respondam suas perguntas de casa:

**Teste** [Settings] [Help]

**NEW**  
**Allow students to answer from home**  
Use for hybrid teaching or 100% remote.  
[Get Started with E-Learning]  
Find out more Not Now

**Consent for Student Access**  
Depending on local laws, we may need consent before students can access Plickers on their devices. For information on how we handle data from students please see Section 11 of our Privacy Policy.

Does this class have any students under 13?  
 Yes  
 No

Pergunta se sua classe tem menos de 13 anos, por causa da política de alguns países, clique em **NÃO**

[Activate Class for E-Learning]  
Cancel

**Teste** Sua classe agora vai aceitar respostas remotas [E-LEARNING] [Settings] [Help]

# Adicionando questões as turmas



Você pode adicionar uma questão a sua turma de duas maneiras:

**Primeiro jeito:** Vá na sua **turma** e procura as questões ou os sets que quer adicionar

## Teste

E-LEARNING  

No items queued for Teste

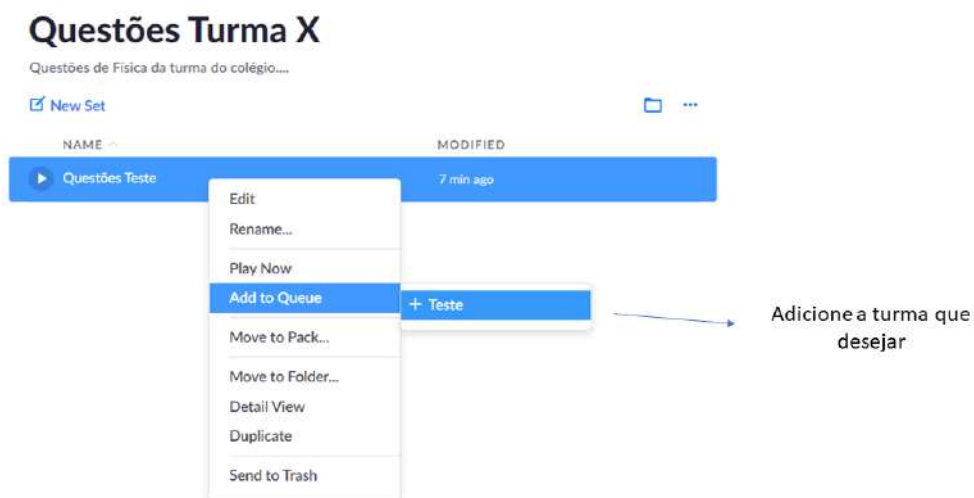
Add items to your class to play questions faster in your lessons.

ADD	2	Questões Teste	Edited 5 min ago
ADD	3	Perguntas Curso	Edited Today 1:05 PM
ADD	2	Módulo II - Discursivas - PISM 2018	Edited Monday 11:59 PM
ADD	5	Introdução 01	Edited 12 Mar 2020
ADD	5	Primeira Parte	Edited 04 Feb 2020
ADD	3	Lentes	Edited 14 Nov 2019

Search...

Se não tiver aparecendo pode procurar aqui que irá mostrar todas suas questões adicionadas

**Segundo jeito:** Vá no pack que deseja adicionar, clique na questão que queira com o botão direito do mouse

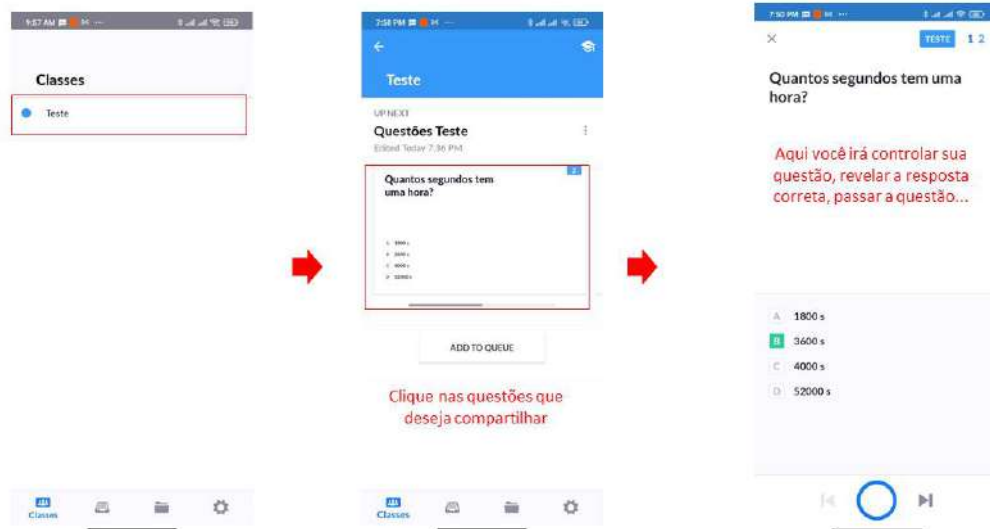


# Compartilhando as questões



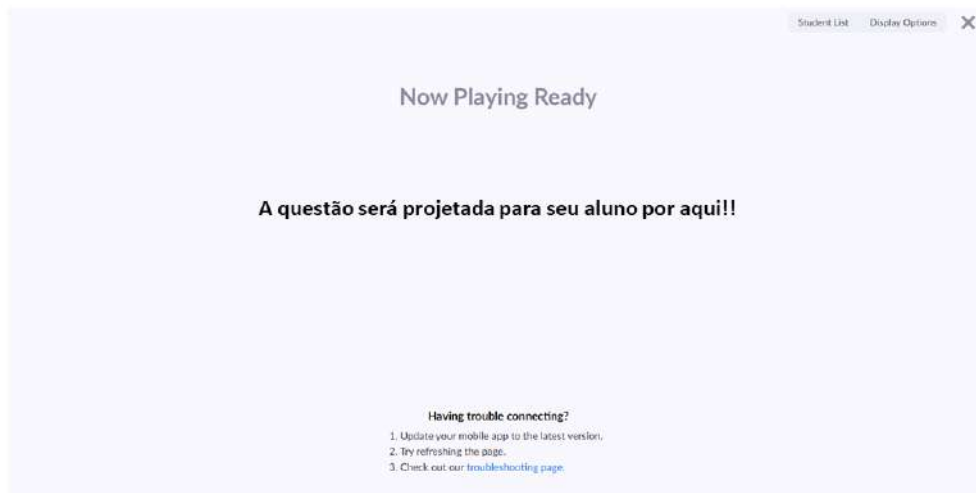
No Plickers você controla praticamente o compartilhamento e as ações tudo pelo seu aplicativo do **celular**:

Abra o aplicativo e selecione a turma que deseja compartilhá-las questões:

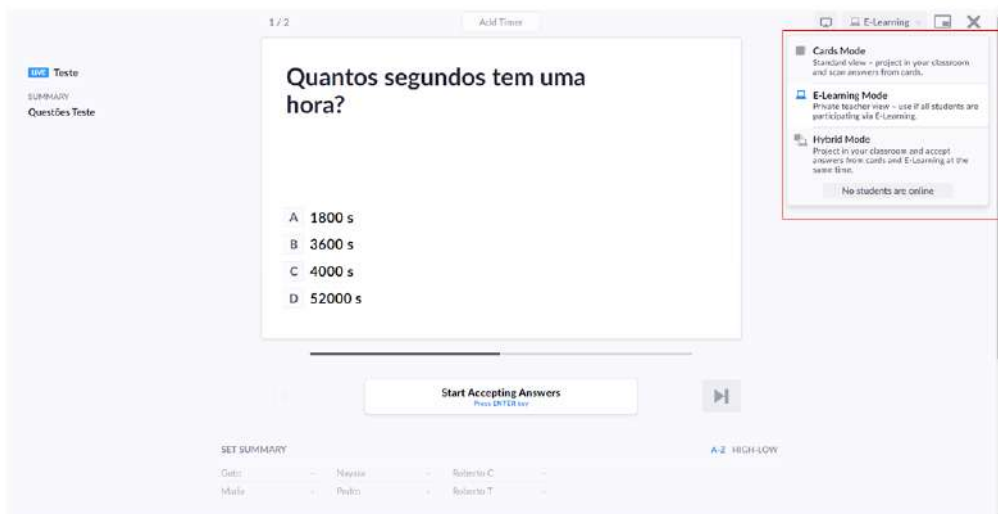


**No computador:**

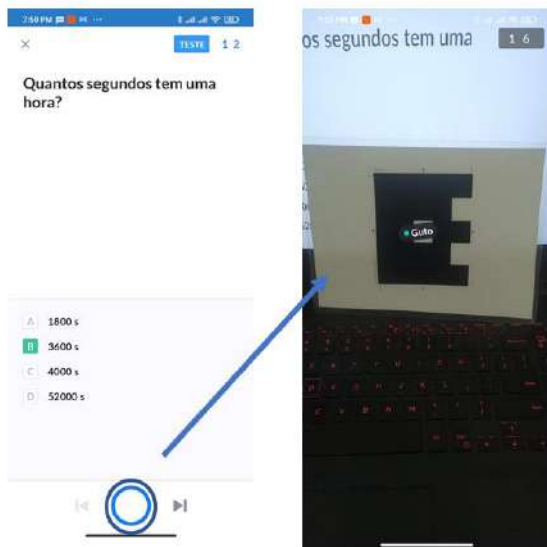
Se não iniciar automaticamente a apresentação no computador, é só clicar em:



Atualmente o Plickers aceita três modos de captura de resposta: **Cards Mode**, **E-Learning Mode** e **Hybrid Mode**



**Card Mode:** É o modo mais utilizado na aula presencial, onde o professor distribui os QR CODES com os alunos, então cada aluno escolhe sua resposta e o professor com a câmera do celular coleta as respostas:



Alunos durante uma aula fazendo a votação pelo QR CODE do Plickers



**E-Learning Mode:** É o modo utilizado no ensino remoto, o professor gera links associados a cada aluno, esses então poderão responder das suas casas

**STUDENTS 6**

**E-Learning Setup**  
No need to share a link every time you play. Plickers provides a registration link for each student that registers their device (like a Chromebook) to Plickers.  
After clicking the registration link, your students always visit my.plickers.com on their device to answer live - no accounts, passwords, or daily links.

**Option 1 (Fastest)**  
**Bulk copy all student links to clipboard**  
Paste the links into a class email and share all the links with your class.  
Students can find their name and click the appropriate link.

**Option 2**  
**Individually send each student their link**  
If you think students may use other students' links, you can share each link individually with each student.

**Basta copiar o link e enviar para os alunos**

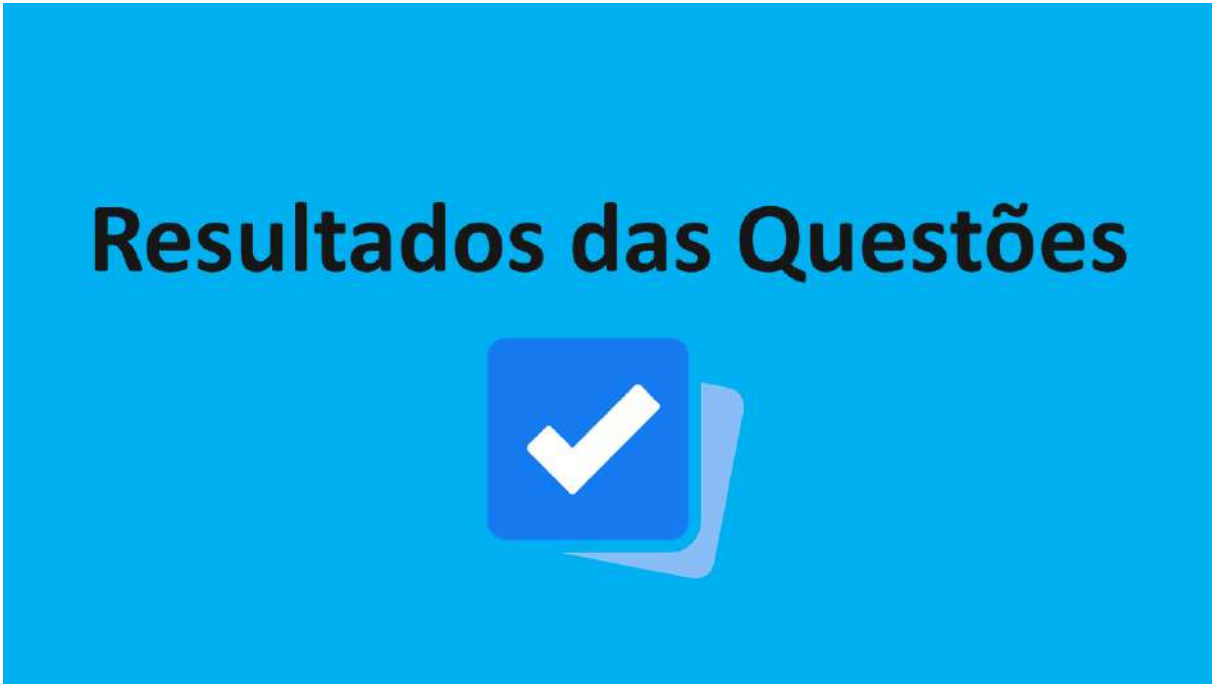
<b>Gufo Verçosa</b> my.plickers.com/0133C15A5	<b>Nayara Pontes</b> my.plickers.com/0133C14E7	<b>Roberto Carlos</b> my.plickers.com/0133C107D
<b>Maria Letícia</b> my.plickers.com/0133C1A04	<b>Pedro Augusto</b> my.plickers.com/0133C1090	<b>Roberto Tavares</b> my.plickers.com/0133C108A

**Good evening, Pedro**  
You can exit here for your class to start.

**Teste**  
Pedro, Pedro, Moll

**Visão dos alunos ao acessar o link**

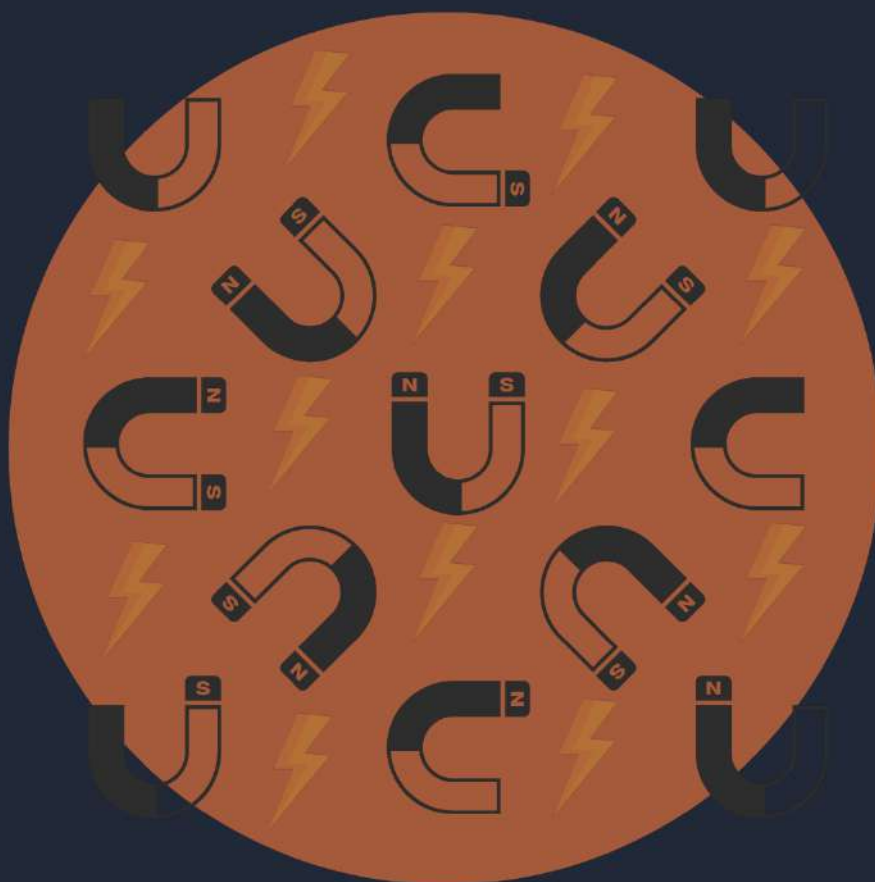
**Hybrid Mode:** É o modo utilizado no ensino híbrido, quando se tem alunos realizando a votação presencialmente e remotamente.





**APÊNDICE B - PRODUTO EDUCACIONAL*****PRODUTO EDUCACIONAL***

Uma abordagem investigativa utilizando acontecimentos do Mangá (Dr. Stone) para ensinar tópicos de Eletromagnetismo no Ensino Médio



*Indicado para quem quer se aventurar em um mundo onde a ciência é sua maior aliada.*

**PROF. PEDRO MOLL**

# LISTA DE CONTEÚDOS

**01****INSTRUÇÕES****06****BLOCO 01: MAGNETISMO E  
CAMPO MAGNÉTICO****22****BLOCO 02: FORÇA E GERAÇÃO  
DE CAMPO MAGNÉTICO****46****BLOCO 03: INDUÇÃO  
ELETROMAGNÉTICA E  
GERAÇÃO DE ENERGIA****59****OFICINA DE CRIAÇÃO DO  
REINO DA CIÊNCIA**



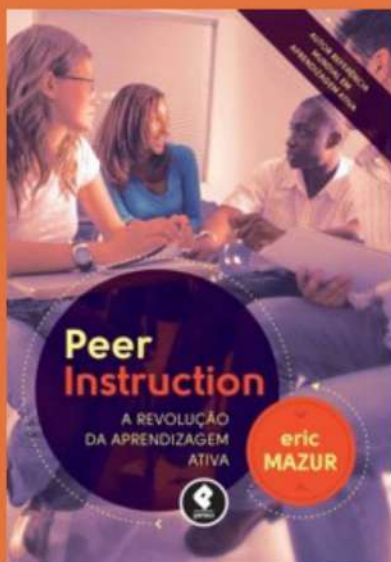
# INSTRUÇÕES

Prezado Educador,

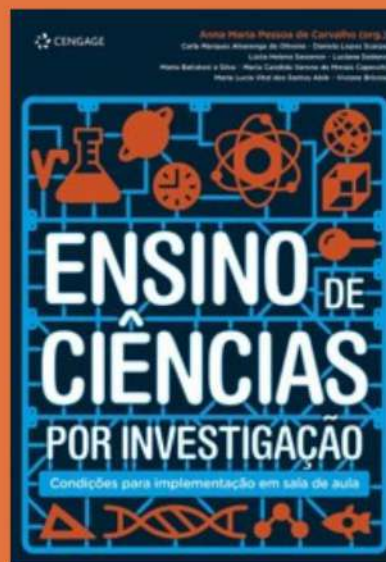
Esse produto educacional foi criado para enriquecer suas aulas com atividades dinâmicas e interativas, reconhecendo a importância de métodos de ensino que promovam o protagonismo do aluno em sua jornada de aprendizagem.

Centralizado nas práticas de **ensino por investigação** e no **Peer Instruction (Instrução pelos Colegas)**, a sequência visa estimular a curiosidade e o engajamento dos estudantes, colocando-os no coração do processo educativo.

Para expandir seu entendimento e maximizar a eficácia dessas abordagens, sugerimos a consulta de duas obras fundamentais:



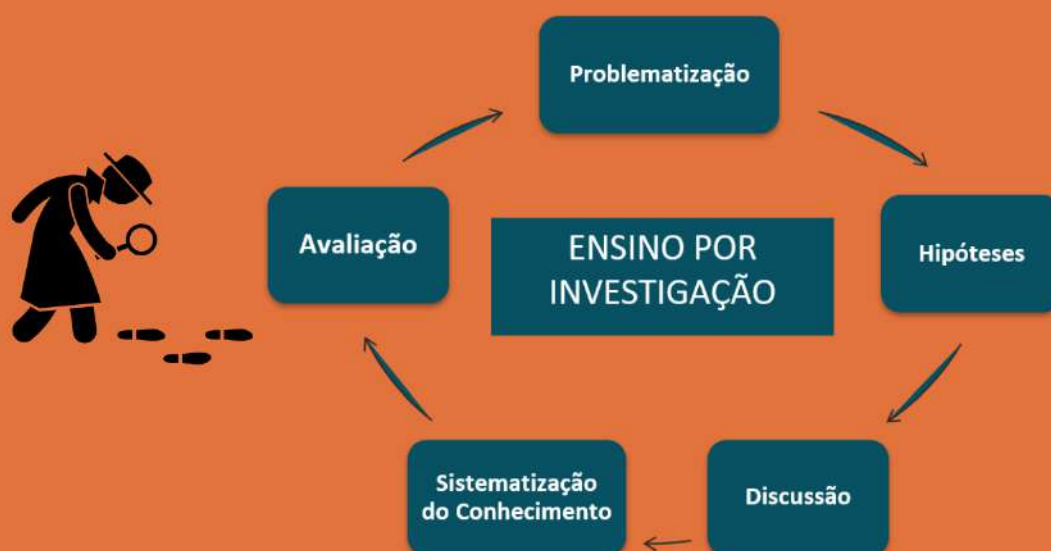
MAZUR, Eric. **Peer instruction: a revolução da aprendizagem ativa**. Penso Editora, 2015.



CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**, 2018.

## Ensino por Investigação

Utilizaremos **demonstrações investigativas** e **problemas abertos** como ferramentas para provocar a curiosidade, incentivando os alunos a mergulhar na essência do pensamento científico. Nosso objetivo é cultivar um ambiente onde a elaboração de hipóteses e a alegria da descoberta sejam rotineiras, estimulando assim, o desenvolvimento do raciocínio crítico. A metodologia se baseia em pilares chaves que orientarão a jornada educacional:



- **Exploração Guiada:** Encorajamos os estudantes a formularem perguntas e explorarem conceitos por meio de experimentação prática, guiando-os sutilmente para descobertas significativas.
- **Colaboração e Discussão:** Através do diálogo e da troca de ideias com os pares, promovemos uma compreensão mais profunda e diversificada dos conceitos científicos.
- **Reflexão Crítica:** Após cada atividade, reservamos um momento para que os alunos reflitam sobre o que aprenderam, solidificando assim o conhecimento adquirido.
- **Aplicação de Conhecimento:** Incentivamos a aplicação dos conceitos aprendidos em novos contextos, permitindo que os estudantes vejam a relevância do que aprenderam em situações do mundo real.



## Peer instruction

O Peer Instruction (PI) ou em tradução livre, Instrução pelos colegas (IpC) é um método desenvolvido pelo professor Eric Mazur da Universidade de Harvard. O IpC é um método de aprendizagem ativa que tem como objetivo explorar a interação entre os estudantes e promover maior engajamento em seu processo de aprendizagem.

A aplicação do método consiste em um breve detalhamento sobre os pontos chaves do conteúdo a ser trabalhado, seguido da aplicação de um **teste conceitual**. Inicialmente os alunos devem responder o teste, geralmente de múltipla escolha, de forma individual. Após a sua aplicação, o professor coleta as respostas dos alunos e pode seguir a aula por três caminhos:

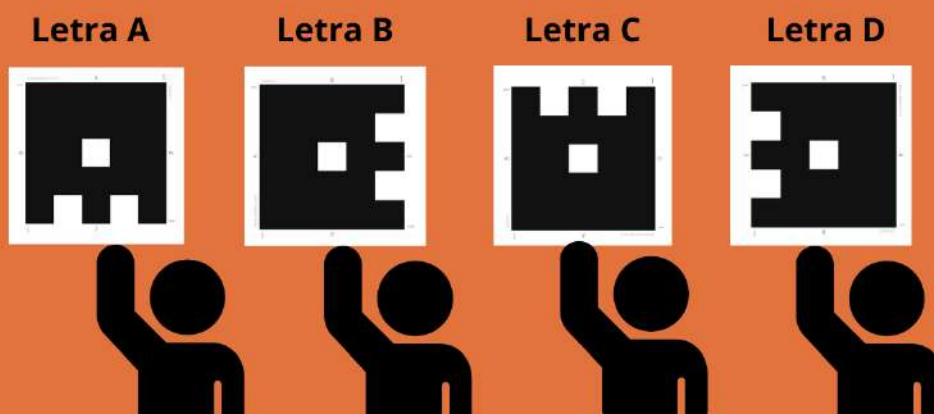


Mazur destaca que: “Uma explicação provável é que os estudantes, os que são capazes de entender o conceito que fundamenta a questão dada, acabaram de aprender a ideia e ainda estão cientes das dificuldades que tiveram que superar para compreender o conceito envolvido”

## Plickers



Para a aplicação do método PI, será utilizado o aplicativo *Plickers* durante as votações feitas pelos alunos. O *Plickers*, se apresenta como uma ferramenta muito interessante para ajudar na coleta de respostas dos alunos. O aplicativo disponibiliza até 63 QR CODES, de forma gratuita, que o professor pode distribuir para os alunos. Cada posição do QR CODE representa uma alternativa da questão, e o professor pode coletar todas as respostas com a câmera do celular e ter imediatamente a porcentagem dos acertos das respostas dos alunos, facilitando muito no procedimento de votação e na aplicação do método Peer Instruction.



O professor pode receber um *feedback* instantâneo da votação, com o percentual de acertos e erros dos alunos durante a aula, o que lhe permite intervir de diversas formas, seguido pela reação da turma ao problema conceitual apresentado.



## Dr. Stone

# Dr. STONE

Nesse trabalho será utilizado um mangá e anime, o Dr. Stone, para uma abordagem de situações problemas ligados ao conteúdo de eletromagnetismo. Dr. Stone é uma série que conta a história de Senku Ishigami, um jovem cientista que vive em um mundo pós apocalíptico onde quase todos seres humanos foram transformados em pedra. Após três mil anos, o mundo voltou a idade da pedra, e Senku tenta reconstruir a civilização utilizando seu conhecimento científico para restaurar a tecnologia e desfazer o processo de petrificação. Durante sua jornada, o personagem se depara com várias situações problemas que só consegue resolver devido seu pensamento científico e compreensão das leis físicas.

### ESTRUTURA GERAL DA SEI:

*Se estivéssemos em um mundo de pedra, sem acesso a nenhuma tecnologia, só podendo contar com nossos conhecimentos e com os recursos que a natureza nos proporciona, como faríamos para produzir energia elétrica?*

#### BLOCO 1: MAGNETISMO E CAMPO MAGNÉTICO



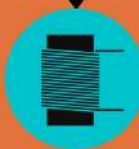
##### AULA 01:

**Situação Problema 01:** Quais materiais devemos procurar para construir nosso gerador elétrico?

**Demonstração Investigativa 01 e 02:** Carrinhos magnéticos e Bússola e as linhas de Campo Magnético.

**Testes conceituais** - Peer Instruction

#### BLOCO 02: FORÇA E GERAÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO



##### AULA 02 e AULA 03:

**Situação problema 02:** Como poderíamos obter um ímã potente com os materiais coletados?

**Demonstração Investigativa 03 e 04:** O experimento de Oersted e o Motor Elétrico.

**Testes conceituais** - Peer Instruction

#### BLOCO 03: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA



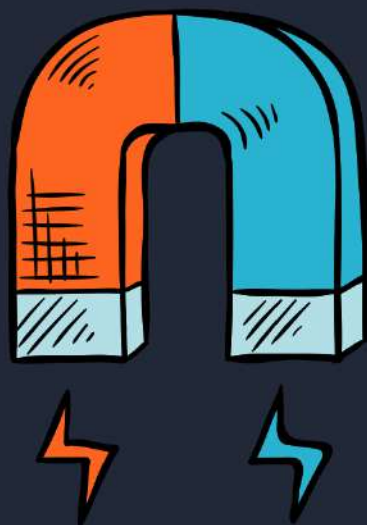
##### AULA 04:

**Demonstração Investigativa 05:** O anel saltitante.

**Atividade Avaliada** - Mangá de Dr. Stone.



# BLOCO 01



## MAGNETISMO E CAMPO MAGNÉTICO

## AULA 01: Introdução e apresentação do universo de Dr. Stone. A busca pelos imãs e o campo magnético.



### PARA CASA



Antes de começar a primeira aula, o professor irá coletar os **conhecimentos prévios** dos alunos através de um questionário que irá abranger perguntas com respostas dissertativas a respeito de todo conteúdo que será apresentado para o aluno durante a sequência de aulas. É recomendado que o questionário seja enviado uma semana antes, por meio de um formulário como o **Google Forms**.

### Modelo de Questionário

Nome do aluno: \_\_\_\_\_

*ATENÇÃO: Responda o questionário utilizando seus conhecimentos gerais, essa atividade não é avaliativa e serve como uma coleta de dados para poder saber suas noções cotidianas sobre alguns termos e fenômenos que serão apresentadas ao longo do bimestre. Caso não saiba o que colocar em alguma alternativa você pode escrever "Não tenho conhecimento a respeito desse assunto", porém, tente responder o máximo que conseguir.*

- 1 - Você sabe o que é um imã? Se sim, para que ele serve? (Se possível cite exemplos de onde ele está presente no seu cotidiano).
- 2 - Você sabe o que são polos magnéticos? Se sim, o que eles são?
- 3 - Os polos magnéticos têm alguma relação com a força? Se sim, qual?
- 4 - O que acontece quando chegamos uma moeda de ferro perto de um imã? E de um pedaço de madeira? Por quê?
- 5 - Na física utilizamos a palavra "campo" em várias ocasiões, para você, o que seria um campo magnético?
- 6 - Qual a relação do planeta Terra com o campo magnético?
- 7 - O magnetismo tem alguma relação com a eletricidade? Se sim, qual?
- 8 - O magnetismo só pode ser observado em materiais da natureza ou pode ser obtido artificialmente? Se sim, como?
- 9 - Uma partícula com carga elétrica, possui magnetismo?
- 10 - Existe alguma relação entre a produção de energia elétrica e o magnetismo? Se sim, qual?

**Comentários:** Esse questionário prévio, além de servir como um feedback inicial para o professor, também será reaplicado no final da sequência didática a fim de nortear a evolução dos alunos e suas respostas. O professor poderá aplicar o mesmo questionário no final e comparar se os alunos tiveram uma evolução, corrigindo conceitos prévios errôneos e assimilando conceitos científicos.



### Objetivos da aula

- Inserir os alunos em um universo de ficção para instigar a participação nas aulas;
- Instigar o processo de argumentação e hipóteses de cunho investigativos por meio de situações problemas e experimentos demonstrativos;
- Identificar as propriedades de um ímã;
- Associar os polos magnéticos aos polos geográficos terrestres;
- Obter um feedback do processo de aprendizagem por meio de testes conceituais e a socialização entre os alunos.

### Conteúdos Abordados

- Magnetismo;
- Ímãs;
- Campo Magnético.

### Recursos Didáticos

- Computador;
- Televisão ou projetor multimídia;
- Caneta e quadro;
- Materiais experimentais relacionados.

**Tempo de aula previsto: 1 hora e 40 minutos (2 Aulas)**



### Procedimentos em aula

No primeiro momento da aula, o professor irá apresentar um vídeo curto da série Dr. Stone para introduzir uma narrativa às situações-problema que serão propostas. Recomendo que seja um AMV (Anime Music Video), que consiste em cenas de uma animação japonesa acompanhadas de trilha sonora. Esse vídeo servirá como um "chamariz" para captar a atenção e o interesse dos alunos. Deixo a recomendação de um vídeo (01) disponível no YouTube:

Vídeo 01 - DR STONE (AMV)



<https://youtu.be/EVTW5dPPDpw>

DR. STONE (AMV):



YouTube

Assim que o vídeo terminar, o professor deverá apresentar aos alunos a situação-problema central que eles deverão se esforçar para resolver durante o bimestre.

## SITUAÇÃO PROBLEMA DO BIMESTRE

Se estivéssemos em um **mundo de pedra**, sem acesso a nenhuma tecnologia, só podendo contar com nossos conhecimentos e com os recursos que a natureza nos proporciona, como faríamos para **produzir energia elétrica**?

**Comentários:** Esse é o momento em que o professor apresentará a situação-problema do bimestre, a qual culminará em uma oficina experimental realizada e apresentada pelos alunos ao final do bimestre. É crucial que, nesse momento, o professor propicie liberdade intelectual para que os alunos formulem suas hipóteses e discutam todas as possibilidades por eles levantadas, sem receberem respostas prontas. O professor deve, ao invés disso, fazer perguntas que os estimulem a pensar e responder, tais como::

- Qual a primeira coisa que vocês fariam caso acordassem em um mundo de pedras?
- Quais conhecimentos físicos vocês achariam necessários e importantes em sabem para concluir seu objetivo?



 Mentimeter

OBS: Caso o professor esteja realizando as discussões em um **formato híbrido** ou **remoto**, recomendo que a discussão seja feita utilizando o site/aplicativo *Mentimeter* ou uma apresentação no *Canva*, pois você conseguirá produzir uma apresentação interativa.





Após a discussão inicial, afunila-se mais a discussão a respeito dos materiais que precisarão ser encontrados para começar a construção do gerador elétrico. Para isso, apresentaremos para o aluno um problema aberto vinculado a uma das etapas da história de Dr. Stone, onde o personagem principal, para atingir seu objetivo final, precisa coletar alguns materiais para gerar energia elétrica. O professor poderá mostrar a imagem (Figura 01) abaixo e perguntar:

**Situação Problema 01:** Quais materiais devemos procurar para construir nosso gerador elétrico?



FIGURA 01 - Materiais necessários para adquirir a eletricidade)



INAGAKI, Riichiro; BOICHI. Dr. Stone V.3 – Barueri, SP : Panini Brasil, 2019.

Episódio de referência:  
Episódio 8 – Stone Road  
Tempo (00:00 até 03:34)



crunchyroll

A imagem pode ser utilizada como ponto de partida para auxiliar na quantidade de respostas dos alunos. Utilize-a como base e anote todas as ideias dos alunos no quadro ou em um caderno de anotações. Após as hipóteses e discussões com a turma, o professor pode comentar, mostrando os materiais escolhidos pelo personagem da série e confrontando-os com as hipóteses dos alunos, ou até passar um trecho do episódio. É fundamental que todas as hipóteses descartadas sejam discutidas, e os alunos devem sempre ter a oportunidade de dissertar sobre suas opiniões. No fluxograma apresentado pelo personagem, bem como na imagem (Figura 02), observa-se que, para gerar energia elétrica, ele precisará de:

- Ferro (necessário para criação de um ímã poderoso);
- Ímã poderoso (necessário para criação do gerador elétrico);
- Cobre (necessário para as ligações elétricas e criação de uma bobina);
- Fósforo (necessário para adquirir ácido fosfórico para atuar como isolante).

FIGURA 02 - Materiais necessários para adquirir a eletricidade (completo)



E8 - Stone Road, Crunchyroll. Disponível em: <<https://www.crunchyroll.com/pt-br/watch/GR4PKJ4VY/stone-road?modal=restricted>>. Acesso em 17 de outubro de 2023.

**Comentários:** O professor irá confrontar as respostas dos alunos com as apresentadas pelo personagem, mas ainda não fornecerá muitas informações sobre o porquê de cada material, já que, nos próximos passos da sequência, cada motivo será trabalhado separadamente. É importante observar que dificilmente o aluno mencionará fósforo ou algo semelhante. No entanto, na série, o personagem fala que utilizará o fósforo para produzir ácido fosfórico e usá-lo como verniz, mantendo o fio de cobre isolado. O professor pode comentar essa parte, rememorando o conteúdo de eletrodinâmica e explicando a importância de envernizar os fios de cobre. Outro ponto que pode ser questionado ou abordado pelos alunos é algum material que sirva para converter energia elétrica em energia luminosa, um fato relevante que será explorado pelo personagem em um episódio futuro. Nessa ocasião, ele utilizará um pedaço de bambu carbonizado para emitir luz. Esse fato da história pode ser omitido até os próximos blocos, mas incluído nos materiais necessários.

Após essa etapa, o professor dará início a uma série de demonstrações investigativas sobre o tema de magnetismo e campo magnético. Na primeira demonstração, o objetivo será evidenciar a existência do magnetismo, suas interações com diferentes materiais e a presença de polos magnéticos. Já a segunda demonstração terá como finalidade estabelecer a existência de um campo magnético e sua relação com a Terra e seus polos geográficos.

## DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA 01 - CARRINHO MAGNÉTICO

FIGURA 03 - Carrinhos Magnéticos



### MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- 2x ímãs em barra;
- 4x pares de rodinhas;
- 1x material ferromagnético (moeda, clips...);
- 1x material não magnético (madeira, borracha...).

**Aplicação:** Durante a aplicação, o professor seguirá algumas etapas. A cada ação realizada, ele fará uma pergunta com o objetivo de instigar os alunos a refletirem e responderem. As ações do professor serão direcionadas de modo a conduzir as respostas para as seguintes perguntas:

- O que acontece se eu aproximar duas partes pintadas iguais do ímã? E partes pintadas de cores diferentes? Por quê?
- Se eu aproximar um clipe ou uma moeda do carrinho ímã o que vai acontecer? Por quê?
- Se eu aproximar um pedaço de madeira ou uma borracha do carrinho ímã o que vai acontecer? Por quê?



**Comentários:** O objetivo dessa demonstração investigativa é levar os alunos a compreenderem a existência de dois polos distintos em um ímã, bem como a ocorrência de uma ação de forças à distância, que depende da interação entre esses polos. Outro aspecto relevante é conscientizar os estudantes de que essa interação não ocorre somente entre ímãs, mas também pode acontecer quando, pelo menos, um dos materiais está magnetizado e o outro é um metal. Esse experimento é uma excelente oportunidade para demonstrar como ocorre a magnetização temporária, formando ímãs temporários, quando objetos metálicos, sob o efeito de ímãs permanentes, estão próximos. Uma sugestão é realizar o experimento com cliques de papel, onde até o efeito da histerese magnética pode ser observado. Embora o experimento possa ser realizado sem o auxílio de carrinhos, é mais visível e interessante observar a relação entre a força e os polos magnéticos dessa maneira.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA I

Após a primeira demonstração investigativa, é recomendável que o professor faça uma intervenção teórica para sintetizar os temas abordados no experimento anterior e introduza as terminologias necessárias de forma expositiva para os alunos. Sugere-se a utilização de uma apresentação em slides (o modelo será disponibilizado no final do bloco) para abordar os seguintes tópicos:

- A história do Magnetismo.
- Magnetismo e materiais ferromagnéticos;
- Domínios magnéticos;
- Polos magnéticos (relação entre as forças de repulsão e atração);
- Inseparabilidade dos polos magnéticos.

## DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA 02 - BÚSSOLA E AS LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO

FIGURA 04 - Experiência de visualização do campo magnético usando a limalha de ferro.



### MATERIAIS NECESSÁRIOS:

- 2x ímãs em barra;
- 1x pequena quantidade de limalha de ferro;
- 1x material ferromagnético (moeda, clips...);
- 1x material não magnético (madeira, borracha...);
- 1x folha de papel A4 branca.



## PROCEDIMENTOS:

1) Abra a folha de papel A4 e espalhe um pouco de limalha de ferro sobre ela, tomando o cuidado de distribuir bem e de não utilizar uma quantidade excessiva.

2) Coloque o ímã em barra sobre uma superfície plana e, lentamente, aproxime a folha de papel A4 por cima do ímã. As limalhas de ferro se organizarão de forma a formar um desenho no papel. Após esse procedimento, o professor deve fazer as seguintes perguntas:

- O que faz a limalha de ferro se organizar dessa maneira?
- Por que nas extremidades dos ímãs a concentração de limalha é maior?

**Comentário:** Para a primeira pergunta, espera-se que os alunos façam a conexão com o experimento anterior e percebam a existência de uma "ação a distância" que causa o alinhamento das limalhas de ferro naquela forma específica. Após a discussão entre os alunos, o professor pode introduzir os termos "**Campo Magnético**" e "**Linhas de Campo**", relacionando-os com o desenho formado pelas limalhas de ferro ao se aproximarem do ímã. Na segunda pergunta, espera-se que os alunos associem a distância dos polos magnéticos com a ação desse campo magnético sobre as partículas de ferro. Após a discussão, é importante enfatizar o fato de que o campo magnético é **inversamente proporcional ao quadrado da distância**, assim como ocorre com o campo elétrico.

3) Afaste a folha A4 do ímã e espalhe novamente a limalha de ferro sobre ela;

4) Posicione dois ímãs de modo que os polos iguais estejam voltados um para o outro. Peça a ajuda de um aluno para aproximar a folha A4 dessa configuração de ímãs. Repita o procedimento, mas desta vez com os polos opostos dos ímãs voltados um para o outro. Ao realizar esse experimento, faça a seguinte pergunta aos alunos:

- Por que, dependendo da posição dos ímãs, as limalhas se organizam de forma diferente?

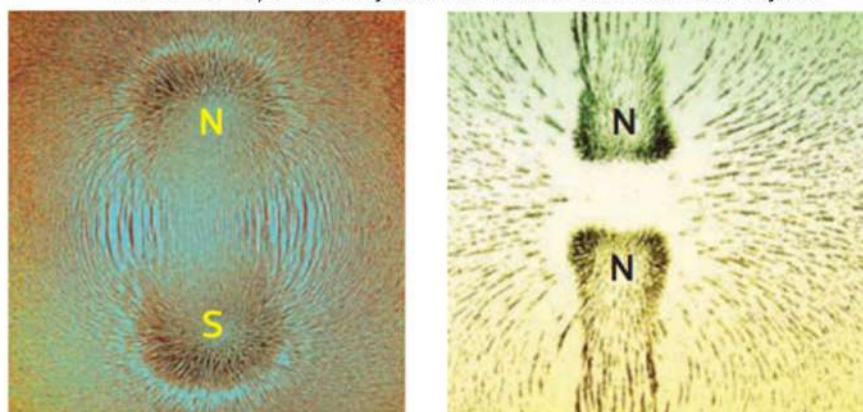
**Comentário:** Neste momento, espera-se que os alunos compreendam que a atração ou repulsão magnética está diretamente relacionada ao comportamento das linhas de campo magnético. Após a discussão, é importante que o professor destaque a convenção estabelecida de que as linhas de campo magnético "**saem**" do polo norte magnético e "**entram**" no polo sul magnético.

5) Para finalizar essa demonstração, coloque um ímã em uma superfície horizontal e mostre aos alunos a bússola. Pergunte se eles conhecem o funcionamento da bússola e, em seguida, aproxime-a do ímã, fazendo as seguintes perguntas:

- O que acontece quando chegamos a bússola perto do ímã?
- Qual a relação entre os polos dos ímãs e as marcações na bússola?
- O que acontece com a agulha da bússola quando a movimentamos no entorno do ímã?

**Comentário:** Este é o momento em que finalizamos a demonstração e esperamos que os alunos consigam relacionar tudo o que viram até agora com o funcionamento da bússola. É fundamental que o professor ressalte que o polo norte magnético da bússola aponta para o polo norte geográfico da Terra e, se isso é verdade, significa que a Terra se comporta como um grande ímã, onde o polo norte geográfico está próximo do polo sul magnético. O professor deve enfatizar esse fato, fundamentando melhor a relação entre os polos geográficos e magnéticos na Terra.

FIGURA 05 - Experimentos feitos com ímãs em barra e limalha de ferro.



GASPAR (2013)

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA II

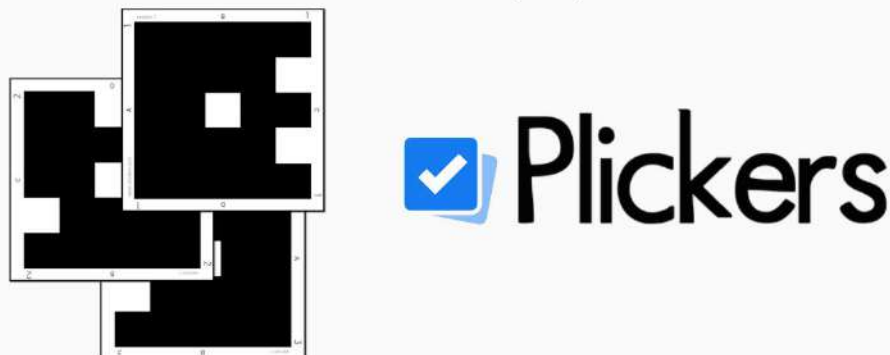
Após a segunda demonstração, o professor deve novamente sintetizar o conteúdo abordado por meio de uma explanação expositiva. Se possível, recomenda-se a utilização de slides previamente preparados, que deverão abordar os seguintes tópicos:

- Campo magnético (definição das linhas de campo);
- Campo magnético terrestre;
- Bússola e campo magnético (declinação magnética);
- Vetor campo magnético;
- Campo magnético uniforme.

## Avaliação da aula

No final da aula, afim de avaliar se os conceitos foram assimilados de forma satisfatória pelos alunos, iremos utilizar o aplicativo **Plickers** em conjunto com testes conceituais baseados no método do **Peer Instruction** para ter um feedback imediato e fazer as intervenções necessárias.

FIGURA 06 - QR codes utilizados pelo aplicativo Plickers.



Nessa aula serão aplicados três testes conceituais, que podem ser elaborados de forma autoral pelo professor, deixarei exemplos a seguir com os comentários:

### TESTE CONCEITUAL - 01

Um pedaço de ferro é colocado próximo de um ímã, conforme a figura a seguir, podemos dizer que:



- A** a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro.
- B** é o ímã que atrai o ferro.
- C** a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã.
- D** a atração do ferro pelo ímã é mais intensa do que a atração do ímã pelo ferro.

**Comentários:** Essa questão avalia se os alunos conseguem entender que há atração mútua entre um ímã e um pedaço de ferro, em conformidade com a **terceira lei de Newton**. A alternativa "B" serve como distrator, para identificar os alunos que acreditam que existe apenas a força de atração do ímã sobre o pedaço de ferro.



## TESTE CONCEITUAL - 02

Uma agulha magnética tende a

- A orientar-se de forma perpendicular às linhas de campo magnético local.
- B** orientar-se segundo a direção das linhas do campo magnético local.
- C efetuar uma rotação que tem por efeito o campo magnético local.
- D formar ângulos de 45 graus com a direção do campo magnético local.

**Comentários:** Essa questão avalia se os alunos conseguem identificar que a bússola sempre se orientará na **mesma direção das linhas de campo magnético** do local. Assim, verifica se os estudantes compreenderam o princípio de funcionamento da bússola, que foi abordado durante as explicações e demonstrações na aula. As demais alternativas, principalmente a letra "A", servem como distratores, pois não abordam o real funcionamento da bússola.

## TESTE CONCEITUAL - 03

Uma pessoa que utiliza uma bússola para se localizar em relação a Terra, sempre terá o polo norte magnético da agulha da bússola apontado aproximadamente para:

- A o polo sul geográfico da Terra
- B o polo norte magnético da Terra
- C** o polo norte geográfico da Terra
- D a direção Meridiano de Greenwich

**Comentários:** Essa questão avalia se os alunos conseguem identificar que o polo norte magnético da bússola é atraído pelo polo sul magnético da Terra, e, conseqüentemente, aponta para o norte geográfico (que é aproximadamente o polo sul magnético da Terra). A alternativa "A" é o principal distrator dessa questão, visto que a palavra "Sul" pode enganar os estudantes e induzi-los ao erro, sem que levem em consideração a diferença entre "geográfico" e "magnético".

### Comentários sobre a aplicação dos testes conceituais:

Para os testes conceituais iremos adotar o método *Peer Instruction* em conjunto com o *Plickers*. É essencial que o professor verifique a porcentagem de acertos e, com base nesse resultado, tome a atitude prevista no método. O professor pode atribuir uma pontuação específica para a aplicação dos testes conceituais. Como essa metodologia envolve a participação ativa de todos os alunos da turma, é interessante combinar com eles que a menor nota que todos irão receber será a média geral dos resultados da turma.



### PARA CASA

No final de cada bloco, deve-se distribuir aos alunos uma lista de **exercícios** com questões de vestibular, a fim de consolidar os conceitos abordados nas aulas. Essa lista deverá ter um prazo de entrega estabelecido, com a finalidade de motivar os alunos a realizá-la, sendo essa atividade pontuada de acordo com o planejamento do professor. Caso haja disponibilidade de tempo, o professor pode reservar uma aula para a resolução e correção da lista. Alternativamente, recomenda-se que o professor grave a resolução das questões e disponibilize o vídeo aos alunos após o encerramento do prazo estipulado. A gravação referente à resolução da lista de exercícios do bloco 01 encontra-se disponível nos anexos. A entrega da lista pode ser realizada tanto presencialmente quanto de forma remota. Para o envio remoto, recomenda-se a utilização de uma plataforma digital, sendo o **Google Classroom** uma opção adequada para essa finalidade.

FIGURA 07 - Disponibilização das listas e respostas pelo Google Classroom



Deixarei em **anexo**, ao final do bloco, o modelo da lista de exercícios utilizada, o link para o vídeo de resolução e o link com a apresentação recomendada (slides) no CANVAS para a aplicação.

# BLOCO 01

## ANEXOS



Nome: \_\_\_\_\_

Data : \_\_\_\_\_



## Lista 01 - Magnetismo e Campo Magnético



1) O ímã mostrado na figura caiu no chão e se partiu em três pedaços. As letras N e S indicam os polos norte e sul, respectivamente, desse ímã. Assinale a alternativa que apresenta a polaridade correta desses três novos ímãs.



- A) 

N	N
---	---

N	S
---	---

S	S
---	---
- B) 

N	S
---	---

N	S
---	---

N	S
---	---
- C) 

N	N
---	---

S	N
---	---

S	S
---	---
- D) 

N	S
---	---

S	N
---	---

N	S
---	---

2) Três carrinhos idênticos são colocados em um trilho, porém, não se encostam, porque, na extremidade de cada um deles, conforme mostra o esquema da figura 1, é acoplado um ímã, de tal forma que um de seus polos fica exposto para fora do carrinho (polaridade externa).

Considerando que as polaridades externas dos ímãs (N – norte e S – sul) nos carrinhos são representadas por números, conforme o esquema da figura 2, assinale a alternativa que representa a ordem correta em que os carrinhos foram organizados no trilho, de tal forma que nenhum deles encoste no outro:

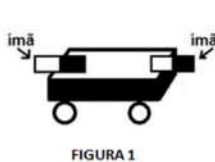


FIGURA 1

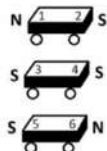


FIGURA 2

- a) 1 – 2 – 4 – 3 – 6 – 5.
- b) 6 – 5 – 4 – 3 – 1 – 2.
- c) 3 – 4 – 6 – 5 – 2 – 1.
- d) 2 – 1 – 6 – 5 – 3 – 4.

3) Um ímã, em forma de barra, de polaridade N(norte) e S(sul), é fixado numa mesa horizontal. Um outro ímã semelhante, de polaridade desconhecida, indicada por A e T, quando colocado na posição mostrada na figura 1, é repelido para a direita. Quebra-se esse ímã ao meio e, utilizando as duas metades, fazem-se quatro experiências, representadas nas figuras I, II, III e IV, em que as metades são colocadas, uma de cada vez, nas proximidades do ímã fixo. Indicando por “nada” a ausência de atração ou repulsão da parte testada, os resultados das quatro experiências são, respectivamente:



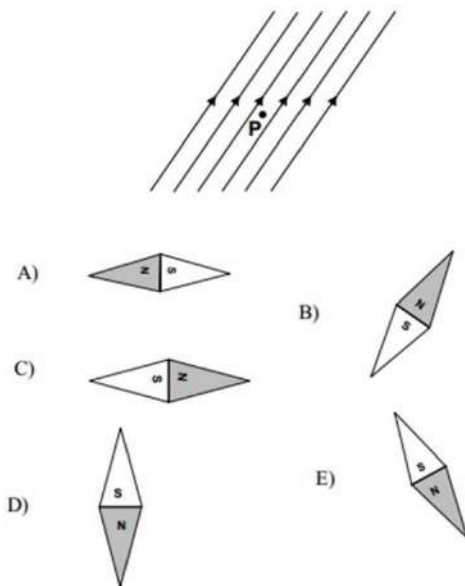
Figura 1

Experiência I	Experiência II	Experiência III	Experiência IV												
<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>N</td><td>S</td><td>A</td></tr></table>	N	S	A	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>N</td><td>S</td><td>A</td></tr></table>	N	S	A	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>N</td><td>S</td><td>T</td></tr></table>	N	S	T	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"><tr><td>N</td><td>S</td><td>T</td></tr></table>	N	S	T
N	S	A													
N	S	A													
N	S	T													
N	S	T													

- a) repulsão, atração, repulsão, atração
- b) repulsão, repulsão, repulsão, repulsão
- c) repulsão, repulsão, atração, atração
- d) repulsão, nada, nada, atração
- e) atração, nada, nada, repulsão



4) O diagrama abaixo representa as linhas de um campo magnético uniforme. Assinale a alternativa que melhor representa a posição da agulha de uma bússola colocada em um ponto P, no mesmo plano do campo magnético.



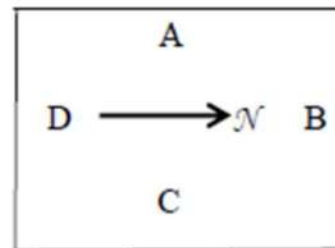
5) Analise as assertivas abaixo.

- I. O pólo norte de um ímã aponta para o norte magnético da Terra.
- II. A terra pode ser considerada um imenso ímã.
- III. O pólo sul de um ímã aponta para o sul geográfico da Terra.
- IV. O processo de magnetização em uma barra de ferro, causa nela o ordenamento dos ímãs elementares da barra.

Assinale a alternativa **CORRETA**.

- a) As assertivas I, II e III estão corretas.
- b) As assertivas I, III e IV estão incorretas.
- c) Somente as assertivas II e IV estão corretas.
- d) Todas as assertivas estão corretas.
- e) Somente a assertiva I está incorreta.

6) Em um local onde o campo magnético da Terra é paralelo ao solo horizontal, uma agulha de costura magnetizada, de material ferromagnético, foi pendurada em um suporte por uma linha amarrada em seu centro. A figura abaixo, onde N representa o polo norte magnético da agulha vista de cima, ilustra a situação descrita.



A partir das informações e da figura acima, foram feitas as seguintes afirmações:

- I - o sol nasce no mesmo lado que a posição A;
- II - o sol nasce no mesmo lado que a posição C;
- III - o norte magnético da Terra está no mesmo lado que a posição B;
- IV - o norte magnético da Terra está no mesmo lado que a posição D;
- V - o sul geográfico da Terra está no mesmo lado que a posição B.

Está correto apenas o que se afirma em

- a) I e III.
- b) I e IV.
- c) II e IV.
- d) I, III e V.
- e) II, III e V.


Gabarito:


- 1) B
- 2) D
- 3) A
- 4) B
- 5) E
- 6) C





## GABARITO COMENTADO EM VÍDEO - LISTA 01


1) O ímã mostrado na figura caiu no chão e se partiu em três pedaços. As letras N e S indicam os polos norte e sul, respectivamente, desse ímã. Assinale a alternativa que apresenta a polaridade correta desses três novos ímãs.



A) 

B) 

C) 

D) 

Link: <https://drive.google.com/drive/folders/12GmTbghJMneH227sAptGTKKMtAzoAY8O?usp=sharing>

Link do vídeo:



## APRESENTAÇÃO DE SLIDES - BLOCO 01

 @professormoll



BLOCO 01: MAGNETISMO E CAMPO MAGNÉTICO

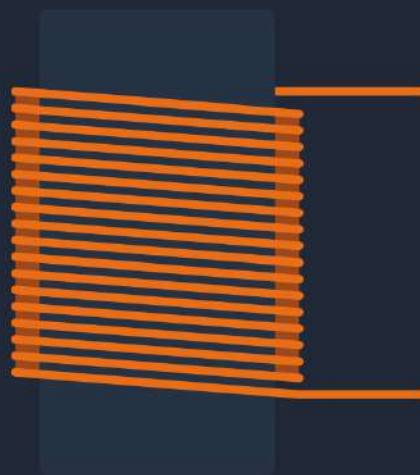
**ELETROMAGNETISMO**

Prof. Pedro Moll - Física

Link da apresentação em CANVA:



# BLOCO 02



**FORÇA E  
GERAÇÃO DE  
CAMPO  
MAGNÉTICO**

O bloco dois deve ser dividido em dois encontros, cada um com duas aulas, uma vez que a quantidade de conteúdo a ser apresentado é bastante extensa para ser abordada em apenas um encontro.

## **AULA 02: O começo da descoberta do eletromagnetismo. Do experimento de Oersted a força magnética.**

### **Objetivos da aula**

- Identificar a relação de cargas em movimento com a produção de um campo magnético;
- Identificar o módulo, direção e o sentido da força magnética de acordo com o produto vetorial da velocidade pelo campo magnético;
- Entender a relação entre corrente elétrica e campo magnético;
- Instigar o processo de argumentação e hipóteses de cunho investigativos por meio de experimentos demonstrativos;
- Promover a troca de significados entre o professor e aluno por meio da interação social.

### **Conteúdos Abordados**

- Experimento de Oersted;
- Força magnética em uma partícula;
- Regra do Tapa;
- Força magnética sobre um fio.

### **Recursos Didáticos**

- Computador;
- Televisão ou projetor multimídia;
- Caneta e quadro;
- Materiais experimentais relacionados.

**Tempo de aula previsto: 1 hora e 40 minutos (2 Aulas)**

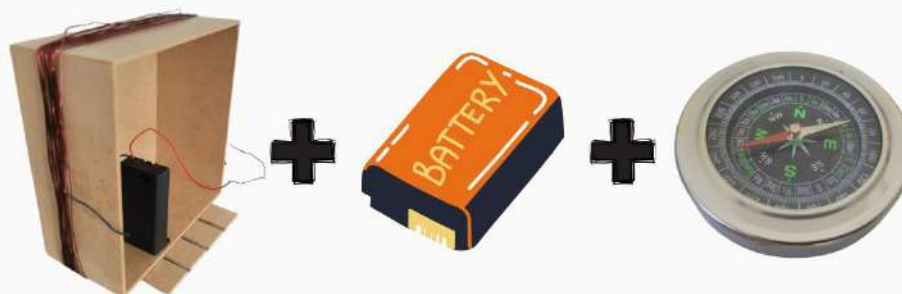


### **Procedimentos em aula**

#### **DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA 03 - O EXPERIMENTO DE OERSTED**

Nesta aula, o professor iniciará o encontro realizando uma demonstração investigativa, com o objetivo de motivar os estudantes e incentivá-los a explorar um novo experimento. Mesmo que inicialmente os alunos possam não saber explicar o experimento, eles serão instigados a elaborar hipóteses com a orientação do professor. Existem diversas formas de realizar o experimento e sua respectiva demonstração. A seguir, fornecerei um exemplo de construção passo a passo, listando os materiais necessários e explicando sua aplicação prática. Além disso, anexarei um link para um artigo mais aprofundado sobre o experimento em questão.

FIGURA 08 - Montagem do experimento de Oersted



**MATERIAIS NECESSÁRIOS:**

- 1x caixa de madeira sem tampa;
- 1x bateria de 9V;
- 1x suporte para conexão da bateria;
- 1x bússola;
- 1x fio de cobre esmaltado Awg 24.
- 1x fita isolante e dupla face.

**MONTAGEM DO EXPERIMENTO:**

- 1) Primeiramente, utilize cola quente ou fita dupla-face para fixar o suporte da bateria no interior da caixa;
- 2) Retire um pouco do esmalte da extremidade do fio de cobre, deixando o metal exposto;
- 3) Conecte a extremidade do fio de cobre a um dos terminais do suporte da bateria, utilizando fita isolante para fixar a conexão;
- 4) Enrole o fio de cobre ao redor da caixa, dando pelo menos vinte voltas;
- 5) Após completar as voltas, corte a extremidade do fio que ainda não foi conectada, retire o esmalte e conecte-o ao segundo terminal do suporte da bateria;
- 6) Insira a bateria no suporte e seu experimento estará pronto para ser utilizado.

Observação: Antes de iniciar o experimento, certifique-se de medir o tamanho da bússola e o espaço interior da caixa para garantir que a bússola caiba tanto dentro quanto fora da caixa durante o experimento.

PINTO, José Antonio Ferreira; SILVA, Ana Paula Bispo; FERREIRA, Éwerton Jéferson Barbosa. **Laboratório desafiador e história da ciência: um relato de experiência com o experimento de Oersted.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 34, n. 1, p. 176-196, 2017.)





### APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO:

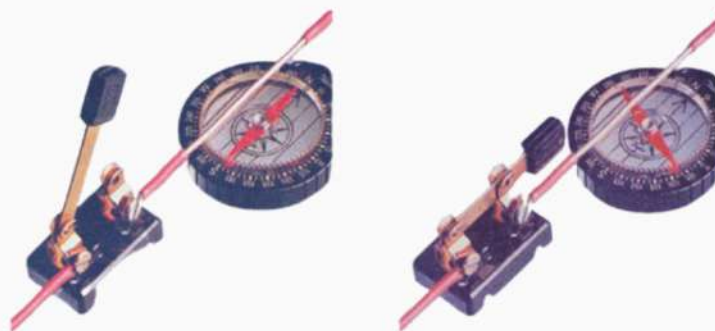
1) Comece o experimento apresentando a bússola para os alunos, garantindo que o norte da bússola está apontado aproximadamente para o norte geográfico da Terra. Utilize essa oportunidade para relembrar os conceitos discutidos na aula anterior, enfatizando que, como esperado, a bússola está alinhada com o campo magnético terrestre.

2) Apresente a bateria para os alunos antes de conectá-la ao suporte. Posicione a bússola na parte superior da caixa e, em seguida, ligue a bateria. Após os alunos observarem o que aconteceu com a agulha da bússola, faça as seguintes perguntas:

- O que faz a agulha da bússola se movimentar quando a bateria é ligada?
- Por que quando liga e desliga o circuito a bússola altera sua orientação?

**Comentários:** Após o fenômeno ilustrado pela Figura 09, as perguntas feitas pelo professor devem ser capazes de fazer o aluno refletir e tentar estabelecer uma relação entre o que aprendeu sobre o funcionamento da bússola (seu alinhamento com o campo magnético) com a possível corrente elétrica que está sendo gerada no interior do condutor. Ele deve ser capaz de notar também que, ao desligar o circuito, a bússola volta a se orientar aproximadamente na direção do campo magnético terrestre..

FIGURA 09 - Bússola se alinhando ao campo magnético gerado pelo fio.



GASPAR (2013)

3) Após a discussão dos questionamentos acima e a percepção de que a turma conseguiu elaborar uma hipótese sobre o motivo de a bússola ter alterado sua direção ao ligar o circuito, o professor deve alternar a posição da bússola ou alterar os polos da bateria (dependendo do tipo de experimento que foi elaborado) a fim de demonstrar para os alunos que, por algum motivo, o norte da bússola inverte seu sentido.

Após a realização do experimento, o professor deve novamente abrir espaço para os alunos tentarem explicar o motivo dessa inversão, fazendo a seguinte pergunta, dependendo do tipo de ação tomada:

- Por que que quando invertemos a bússola de lugar as orientações (norte/sul) alternam de sentido?
- Por que quando invertemos os polos da bateria as orientações (norte/sul) alternam de sentido?

**Comentários:** Nessa discussão, espera-se que os alunos deduzam que a inversão dos ponteiros da bússola está ligada de alguma forma com a **inversão do sentido da corrente elétrica**. Como foi observado anteriormente que corrente elétrica gera campo magnético e, tendo aprendido na primeira aula que o campo magnético é uma grandeza vetorial que possui módulo, direção e sentido, espera-se que os alunos consigam associar que, ao trocar o sentido da corrente, ocorre uma inversão também na direção e sentido do vetor campo magnético. Essa inversão no campo magnético é percebida experimentalmente pela inversão dos ponteiros da bússola.

### FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA III

Após a primeira demonstração investigativa, recomenda-se ao professor uma intervenção teórica para sintetizar os temas abordados no experimento anterior e trazer as terminologias necessárias de forma expositiva para os alunos. Recomenda-se a utilização de uma apresentação em slide (o modelo utilizado será disponibilizado no final do bloco), que aborde os seguintes tópicos:

- Conclusões do experimento de Oersted;
- Força magnética sobre cargas elétricas;
- Regra da mão direita ou Regra do tapa para determinação da direção e sentido da força magnética;
- Cargas elétricas se movimentando em campos magnéticos uniforme;
- Situações particulares (campo magnético no mesmo sentido da velocidade, campo magnético perpendicular a velocidade e caso geral);
- Sintetizar as equações para o movimento circular uniforme (MCU) e movimento retilíneo uniforme (MRU) e a junção dos dois movimentos em um movimento helicoidal uniforme (MHU).

Além da parte teórica expositiva, nessa parte do conteúdo, há também a necessidade de resolução de exercícios por parte do professor na sala de aula. Deixarei uma recomendação de **três exercícios** com o gabarito abaixo:

## EXERCÍCIOS EM AULA:

### Exercício 01

(UFPA) Uma carga elétrica  $q$  (negativa) entra, com velocidade  $\vec{V}$ , numa região onde existe um campo magnético  $\vec{B}$ , que está indicado com os símbolos  $\times$  (que representam um vetor entrando no plano desta folha).



A alternativa que indica o vetor (direção e sentido) da força magnética  $\vec{F}_m$ , no exato instante no qual a carga entra na região do campo magnético, com o vetor velocidade na posição horizontal, conforme está indicado na figura acima, é:

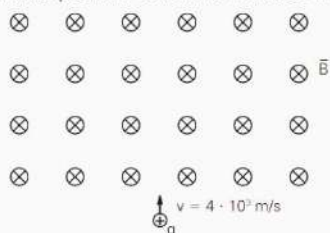
- a)
- b)
- c)
- d)
- e)

#### Gabarito comentado: LETRA B

Este exercício avalia a compreensão do aluno em relação à determinação da direção e sentido da força magnética, aplicando a **regra do tapa**. Para isso, posicione o dedo na direção e sentido da velocidade da partícula (horizontal e para a direita) e os outros quatro dedos na direção do campo magnético (entrando no plano da folha). Com essa configuração, o sentido da força magnética atuante será vertical. Vale lembrar que, como estamos tratando de uma carga negativa, o sentido da força será contrário à palma da mão, logo, **vertical para baixo**.

### Exercício 02

(Uern – Adaptada) Numa região em que atua um campo magnético uniforme de intensidade 4 T é lançada uma carga elétrica positiva conforme indicado a seguir:



- a)  $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  e horário.
- b)  $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  e horário.
- c)  $2,0 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  e anti-horário.
- d)  $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  e anti-horário.
- e)  $3,2 \cdot 10^{-6} \text{ C}$  e anti-horário.

Ao entrar na região do campo, a carga fica sujeita a uma força magnética cuja intensidade é de  $3,2 \cdot 10^{-2} \text{ N}$ . O valor dessa carga e o sentido do movimento por ela adquirido no interior do campo são, respectivamente:



**Gabarito comentado: LETRA C**

Essa questão tem intuito de aplicar a definição da força magnética sobre uma partícula no caso que a velocidade é perpendicular ao campo. Sabe-se que de forma geral a força magnética é escrita como:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \cdot \text{sen}(\theta)$$

Como o ângulo entre o campo e a velocidade é  $90^\circ$ , a força magnética se resume a:

$$F_m = q \cdot v \cdot B \Rightarrow q = \frac{F_m}{v \cdot B}$$

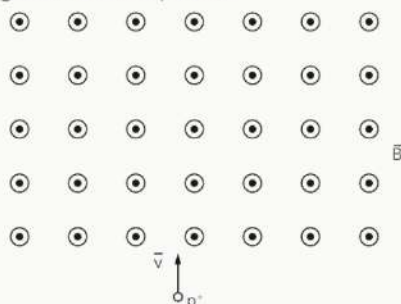
Substituindo os valores para achar a carga elétrica (q):

$$q = \frac{3,2 \cdot 10^{-2}}{4 \cdot 10^3 \cdot 4} = 2 \cdot 10^{-6} C$$

Achada a carga elétrica, deve-se aplicar a regra do tapa para determinar o sentido da força magnética, e assim determinar o sentido do “giro” que a partícula irá sofrer. Colocando o dedão na vertical para cima e os quatro dedos “entrando” no plano da folha, percebemos que, como a carga é positiva, a força magnética estará na horizontal para a esquerda. Dessa forma, a partícula irá sofrer um movimento **anti-horário**.

**Exercício 03**

(Cesgranrio-RJ – Adaptada)



- a) 300
- b) 200
- c) 150
- d) 100
- e) 50

Um próton penetra perpendicularmente em um campo magnético uniforme, como ilustra a figura acima, e descreve, em seu interior, uma trajetória semicircular.

A intensidade do campo magnético é  $10^{-2}$  T e a velocidade do próton é constante e igual a  $5 \cdot 10^5$  m/s.

Sabendo-se que a massa e a carga do próton valem, respectivamente,  $1,6 \cdot 10^{-27}$  kg e  $1,6 \cdot 10^{-19}$  C e considerando-se  $\pi = 3$ , o perímetro, em centímetros, desse percurso é

**Gabarito comentado: LETRA C**

Finalizamos com um exercício que tem o intuito de relacionar a força magnética com as grandezas de um movimento circular uniforme (MCU) para determinar o perímetro do percurso da partícula. Primeiramente, como deve ter sido demonstrado na aula, o **raio** da trajetória da partícula pode ser escrita como:

$$R = \frac{m \cdot v}{|q| \cdot B}$$

Substituindo os valores fornecidos na questão temos:

$$R = \frac{1,6 \cdot 10^{-27} \cdot 5 \cdot 10^5}{1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^{-1} = 50 \text{ cm}$$

Como a questão fala que a trajetória é uma **semicircunferência**, seu perímetro será:

$$P = \frac{2\pi R}{2} \Rightarrow P = \pi R$$

Logo, substituindo os dados temos:

$$P = 3 \cdot 50 = 150 \text{ cm}$$

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA IV

Após resolver exercícios que envolvem uma partícula carregada em movimento sob a ação de um campo magnético uniforme, o professor deve retomar a explicação sobre o experimento de Oersted apresentado no início da aula. Isso é importante para generalizar, mostrando que, se uma partícula sofre força magnética, um fluxo de partículas ordenadas, ou seja, uma corrente elétrica, também deve sofrer. Para isso, recomenda-se mais uma vez uma parte expositiva, abordando os seguintes tópicos:

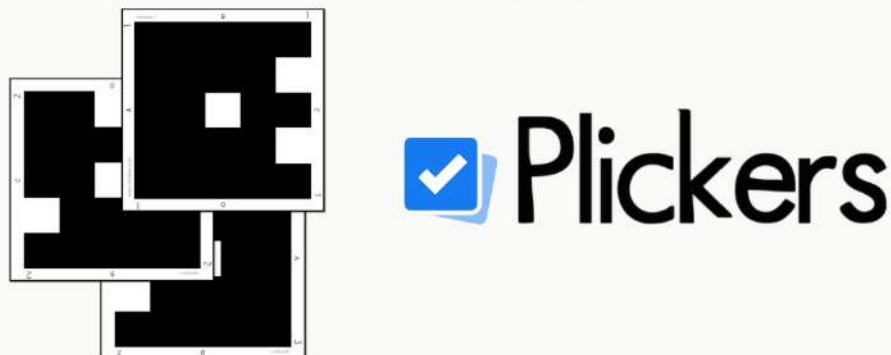
- Módulo da força magnética em fios retilíneos;
- Direção e sentido da força magnética (regra do tapa para fios);
- Casos particulares de campo externo perpendicular e paralelo a corrente elétrica.

Finalizado as explicações da parte expositiva o professor pode se encaminhar para a parte final da aula que será avaliação pelos testes conceituais.

## Avaliação da aula

No final da aula, afim de avaliar se os conceitos foram assimilados de forma satisfatória pelos alunos, iremos utilizar o aplicativo **Plickers** em conjunto com testes conceituais baseados no método do **Peer Instruction** para ter um feedback imediato e fazer as intervenções necessárias.

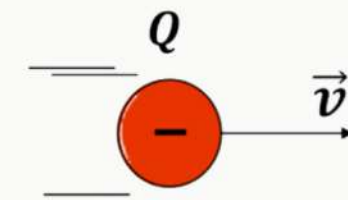
FIGURA 10 - QR codes utilizados pelo aplicativo Plickers.



Nessa aula serão aplicados três testes conceituais, que podem ser elaborados de forma autoral pelo professor, deixarei exemplos a seguir com os comentários:

### TESTE CONCEITUAL - 01

Um carga elétrica negativa ( $Q$ ) de massa desprezível, se movimenta pelo espaço com uma velocidade ( $v$ ). Podemos afirmar que é gerado por ela um:

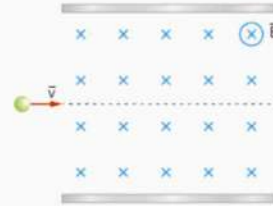


- A campo elétrico;                      B campo magnético;  
 C campo elétrico e magnético;    D campo inercial.

**Comentários:** Esta questão é formulada para avaliar se os alunos compreenderam que uma carga em movimento gera **tanto um campo elétrico quanto um campo magnético**. As alternativas "A" e "B" funcionam como distratores, visando identificar os alunos que não conseguiram associar a possibilidade de uma carga elétrica produzir simultaneamente esses dois campos.

## TESTE CONCEITUAL - 02

Uma carga elétrica, ao entrar em uma região com o campo magnético perpendicular a sua velocidade, executará um movimento

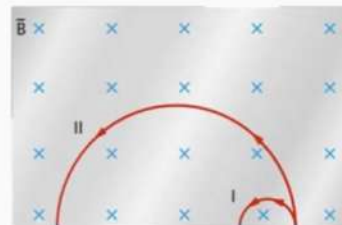


- A retilíneo uniforme
- B retilíneo uniformemente variado
- C circular uniforme
- D circular uniformemente variado

**Comentários:** Esta questão avalia se os alunos conseguem identificar o tipo de movimento que uma partícula, ao entrar perpendicularmente em um campo magnético, desenvolve. Considerando que a **velocidade é perpendicular à força magnética**, a resultante é **centrípeta** e a aceleração tem a função de alterar somente a direção e o sentido do vetor velocidade. A alternativa “D” é um distrator, utilizado para verificar se o aluno compreendeu que, mesmo o movimento sendo circular, o módulo da velocidade não se altera. Portanto, o movimento deve ser **circular e uniforme**.

## TESTE CONCEITUAL - 03

Dois íons de massas diferentes, **cargas elétricas iguais e mesmas velocidades** penetram numa região de campo magnético uniforme perpendicular ao plano da figura, descrevendo as trajetórias circulares indicadas. Podemos afirmar que:



- A Os íons são cargas negativas;
- B A partícula II possui a maior massa;
- C As partículas atingem a placa ao mesmo tempo;
- D A aceleração sobre as partículas é na mesma direção da velocidade.

**Comentários:** Esta questão avalia se os alunos conseguem estabelecer uma relação entre a força magnética e os parâmetros de um movimento circular uniforme, relacionando as grandezas da partícula com o raio e a trajetória descritas. A alternativa “D” aponta o erro do aluno que ainda não compreendeu que a velocidade é sempre perpendicular à aceleração. Já a alternativa “A” indica o erro do aluno que ainda não entendeu a regra do tapa.





## PARA CASA

No final da aula, o professor deve informar aos alunos que uma lista de exercícios será enviada após a aula 3, momento em que o conteúdo do bloco estará completo. Além disso, é recomendável que os alunos assistam ao vídeo **"Como é feito um ímã"** do canal **Manual do Mundo** antes da próxima aula. Esse vídeo é crucial para a discussão do segundo problema aberto que será apresentado na próxima aula, pois aborda a criação de ímãs artificiais. Assistir ao vídeo previamente facilitará um debate mais rico e produtivo sobre o tema.

Vídeo 02 - COMO É FEITO UMA ÍMÃ?



[Link para o vídeo.](#)



## AULA 03: Controlando o magnetismo. A geração de campo magnético com os eletroímãs.

### Objetivos da aula

- Relacionar corrente elétrica em um fio condutor com a geração de um campo magnético (Lei de Ampère);
- Aplicar a regra da mão direita para determinar a direção e sentido do campo magnético gerado por um fio condutor;
- Entender a construção e confecção de um eletroímã;
- Relacionar a utilização de eletroímãs em aplicações do cotidiano;
- Obter um feedback do processo de aprendizagem por meio dos testes conceituais e a socialização entre os alunos.

### Conteúdos Abordados

- Geração de campo magnético;
- Regra da mão direita envolvente;
- Campo magnético em eletroímãs;
- Aplicação de eletroímãs no cotidiano.

### Recursos Didáticos

- Computador;
- Televisão ou projetor multimídia;
- Caneta e quadro;
- Materiais experimentais relacionados.

**Tempo de aula previsto: 1 hora e 40 minutos (2 Aulas)**



### Procedimentos em aula

O professor deve iniciar essa aula apresentando um segundo problema aberto que aborde a criação de um "ímã poderoso". O objetivo é relacionar os conhecimentos adquiridos na aula anterior e promover uma discussão fundamentada no vídeo assistido pelos alunos em casa. Para iniciar essa discussão, o professor pode lançar a seguinte problematização:

**Situação Problema 02:** Como poderíamos obter um ímã potente com os materiais coletados?

Após a discussão conduzida pelo professor com participação dos alunos, deve-se mostrar em aula para os alunos o vídeo (03) "Criando um ímã" para mostrar qual foi o desfecho que o personagem principal da série arrumou para resolver essa mesma situação problema.

*Vídeo 03 - Criando um ímã | DR. STONE (Dublado)*



**Comentários:** Após o vídeo, é essencial que o professor destaque a parte fictícia da série, focando nos elementos utilizados pelo personagem para a confecção do "superimã". É fundamental ressaltar que o personagem utiliza barras de ferro, um material ferromagnético, enroladas por fios condutores em forma de espiral. Além disso, o efeito da descarga elétrica causada pelo raio é utilizado como uma fonte de tensão alta, que, após a descarga, possibilita a produção do **imã artificial**. O professor deve sempre utilizar o vídeo do Manual do Mundo como referência, fazendo as comparações necessárias. Se desejar, o professor também pode abordar o **fenômeno das pontas**, utilizado pelo personagem para atrair o raio até a barra de ferro, conforme mostrado no vídeo.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA V

Após o vídeo e a discussão, é essencial fundamentar em uma parte expositiva todos os conceitos necessários para a criação de um eletroímã e a geração de um campo magnético. Recomenda-se que o professor utilize uma apresentação de slides, abordando os seguintes tópicos:

- Campo magnético gerado por um fio retilíneo muito longo (infinito);
- Regra da mão direita envolvente (para determinar a direção e sentido das linhas de campo);
- Campo magnético gerado por uma espira circular;
- Campo magnético gerado por bobinas chatas e solenoides.

Finalizado as explicações da parte expositiva o professor irá chamar a turma para uma demonstração investigativa afim de juntar os conceitos trabalhados na aula da criação de um eletroímã e sua aplicação na constituição de um **motor elétrico**.

## DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA 04 - A FORÇA DE UM ELETROÍMÃ

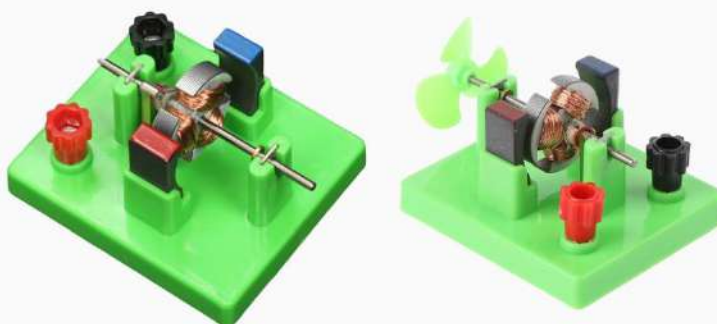
Para essa demonstração, o professor apresentará aos alunos um protótipo de motor elétrico em funcionamento. No trabalho, utilizou-se um protótipo didático (Figura 11), que pode ser facilmente encontrado na internet para compra, com um custo inferior a R\$ 40,00, incluindo o frete. Caso o professor deseje montar um motor para demonstração de baixo custo, deixarei em anexo um trabalho que mostra o passo a passo de como fazer essa construção.



DE CASTRO MONTEIRO, Isabel Cristina et al. **As atividades de uma demonstração e a teoria de Vigotski: um motor elétrico de fácil construção e de baixo custo.** Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 27, n. 2, p. 371-384, 2010.



FIGURA 11 - Motor elétrico didático de corrente contínua.



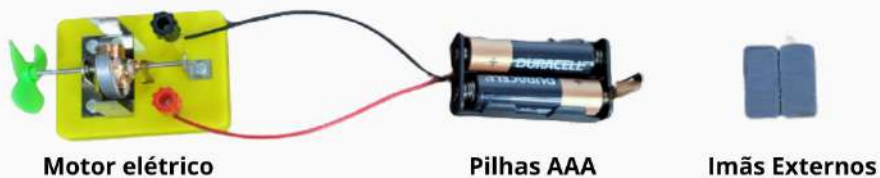
#### KIT EXPERIMENTAL:

- 1x suporte do motor com as bobinas e plugues;
- 2x imãs (externos) em barra;
- 1x suporte para pilhas AAA;
- 2x pilhas AAA;
- 1x multímetro digital;
- 1x fios para conexão entre as pilhas e a bobina.

#### APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO:

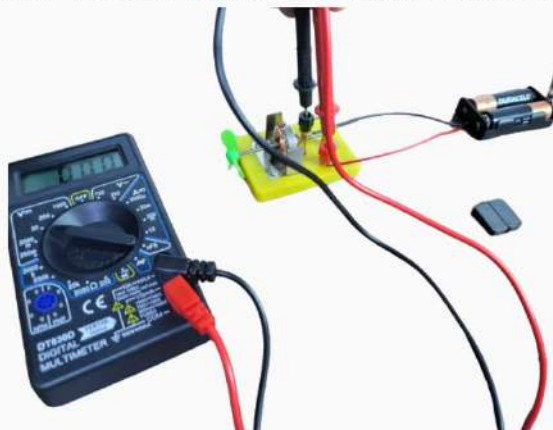
1) Inicie o experimento apresentando os componentes (Figura 12) que serão utilizados para o funcionamento do motor elétrico. Observe que, inicialmente, as bobinas (eletroímãs) não apresentam magnetismo.

FIGURA 12 - Componentes que serão utilizados na demonstração do motor elétrico



2) Utilize o multímetro configurado como **voltímetro** para demonstrar aos alunos que, quando as chaves estão abertas ou não há pilhas conectadas ao circuito, não há tensão chegando nos terminais da bobina (Figura 13).

FIGURA 13 - Voltímetro marcando zero quando o circuito está aberto.



3) Antes de **Fechar a chave ou conecte as pilhas**, faça a seguinte pergunta para os alunos:

- O que acontece se conectarmos as pilhas na bobina sem chegar perto os ímãs externos?

Feche o circuito e utilize o voltímetro para mostrar aos alunos que agora há tensão chegando nos terminais da bobina (Figura 14). Comprove que, agora, há um campo magnético sendo gerado, utilizando um clipe de papel ou o próprio ímã externo para isso.

FIGURA 14 - Voltímetro indicando que há tensão com o circuito fechado.



**Comentários:** Essa pergunta é feita para identificar se os alunos conseguem perceber que a única coisa que ocorrerá ao ligar as pilhas no circuito será a **geração de um campo magnético por parte da bobina** e que, somente com isso, a hélice não irá girar. Deixe os alunos pensando um pouco antes de ligar o circuito, instigando-os a raciocinar sobre isso.

4) Após ficar comprovado que a hélice não girou somente com a conexão das pilhas, faça a seguinte pergunta aos alunos:

- O que acontece se eu chegar próximo os ímãs externos? Posso colocá-los de qualquer jeito?

FIGURA 15 - Ímãs externos sendo colocado com polos iguais entre a bobina.



**Comentários:** Essa pergunta é feita para levar os alunos a pensarem que há necessidade de um **campo magnético externo** para fazer com que a hélice se movimente. A princípio, o professor pode colocar os ímãs com os polos iguais virados, mostrando que, dessa forma, a hélice ainda não irá girar (Figura 15). Será necessário que os polos estejam em uma configuração correta, com polos opostos em cada face.

5) Mostre para os alunos que, na região da bobina, devem se formar linhas de campo que saem do polo norte de uma das faces do ímã e vão em direção ao polo sul do outro ímã. Enfatize que, no caso de polos iguais sendo colocados na face, o campo externo na região da bobina é anulado. Coloque os ímãs na configuração correta e, então, mostre que a hélice começará a girar (Figura 16).

FIGURA 16 - Hélice girando devido ao campo magnético externo.



6) Para finalizar a demonstração, faça a seguinte pergunta aos alunos:

- O que acontece se eu inverter os polos da bateria? E se eu inverter o sentido dos ímãs externos?

Essa pergunta é feita para fazer o aluno pensar que, realizando qualquer uma dessas duas ações, o **sentido de giro da hélice** irá mudar (Figura 17). Após ouvir a opinião dos alunos, realize essas ações para comprovar experimentalmente que isso acontece. O professor pode fazer uma relação com os ventiladores de teto, que possuem inversão do sentido de rotação. Pode ser explicado para os alunos que o ventilador altera a direção do torque exercido pelo motor e, portanto, a direção do movimento do ar. Isso é conseguido por meio do interruptor de reversão, que altera a polaridade da corrente elétrica que chega ao motor do ventilador, fazendo com que ele gire na direção desejada.

FIGURA 17 - Hélice alternando o sentido de giro.

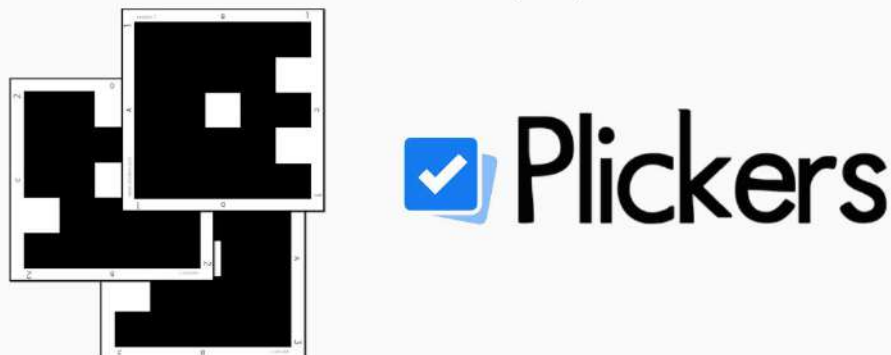




## Avaliação da aula

No final da aula, afim de avaliar se os conceitos foram assimilados de forma satisfatória pelos alunos, iremos utilizar o aplicativo **Plickers** em conjunto com testes conceituais baseados no método do **Peer Instruction** para ter um feedback imediato e fazer as intervenções necessárias.

FIGURA 18 - QR codes utilizados pelo aplicativo Plickers.



Para finalizar o bloco 02, serão aplicados mais três testes conceituais, deixo abaixo exemplos de testes que podem ser aplicados:

### TESTE CONCEITUAL - 04

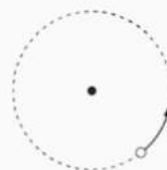
Com relação a eletroímãs é **INCORRETO** afirmar que

- A só há ação magnética enquanto nele circula corrente elétrica;
- B se aumentarmos a corrente elétrica aumentamos sua magnetização.
- C sua polaridade pode ser invertida, bastando inverter o sentido da corrente elétrica;
- D quanto mais longe estivermos dele, maior será o campo magnético.

**Comentários:** Essa questão traz como alternativas corretas as principais conclusões que foram trabalhadas na aula e nos experimentos de demonstração. Espera-se que, com o resultado dessa questão, enfatize algum ponto que o professor perceba que não foi bem compreendido pelos alunos.

## TESTE CONCEITUAL - 05

Considerando uma carga positiva, girando no plano da folha em uma órbita circular, como mostra a figura, o vetor campo magnético criado no centro do círculo por esse elétron é representado por:



- a)  $\otimes$    b)  $\rightarrow$    c)  $\odot$    d)  $\leftarrow$

A

B

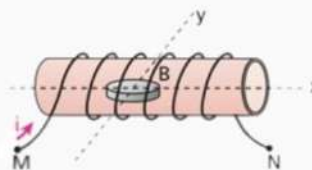
C

D

**Comentários:** Essa questão avalia se os alunos conseguem aplicar corretamente a **regra da mão direita envolvente**. Essa regra será essencial para o entendimento na próxima aula da Lei de Faraday; portanto, o professor deve garantir que a maioria dos alunos consiga aplicá-la corretamente.

## TESTE CONCEITUAL - 06

Foi enrolado um fio de cobre no canudo plástico e transparente. Dentro do canudo está uma bússola B. A posição em que a agulha se estabiliza quando estabelecemos no fio uma corrente elétrica com sentido de M para N, supondo desprezível o campo magnético terrestre, está mais bem representada na alternativa:



A



B



C

D

**Comentários:** Essa questão avalia se os alunos conseguem determinar as polaridades de um eletroímã, como uma solenoide, e identificar qual será o sentido das linhas de campo formado em seu interior. Os alunos que marcaram as alternativas "A" e "B" são alunos que precisam de atenção, visto que eles não foram capazes nem de determinar a direção do campo magnético. Os alunos que marcam a alternativa "C" pelo menos conseguem entender a direção, mas confundem seu sentido.



## PARA CASA

No final do bloco 2, deverá ser distribuída para os alunos uma lista de exercícios com questões de **vestibular** para praticar os conceitos trabalhados nas aulas. Essa lista deverá ter um prazo de entrega, a fim de motivar os alunos a realizá-la e também será pontuada dentro do planejamento do professor. A lista poderá ser entregue tanto fisicamente quanto de forma remota, utilizando a plataforma de escolha do professor. Recomendo a criação e utilização de um Google Classroom para isso. A segunda lista contemplará apenas questões relacionadas ao conteúdo de **força magnética em partículas e fios**, visto que seu conteúdo é mais extenso. A parte de geração de campo magnético será abordada em conjunto com a próxima parte da matéria.

FIGURA 19 - Disponibilização das listas e respostas pelo Google Classroom



Deixarei em **anexo** no final do bloco o modelo da lista de exercício utilizado, o link para o vídeo resolução e o link com a recomendação de apresentação (slides) no CANVAS para a aplicação.



# BLOCO 02

## ANEXOS



Nome: \_\_\_\_\_

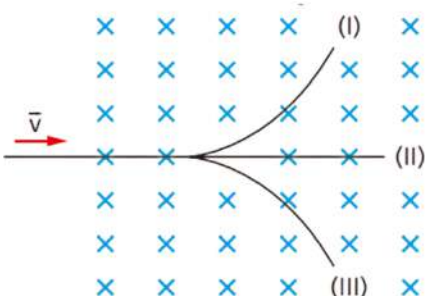
Data: \_\_\_\_\_



## Lista 02 - Força Magnética



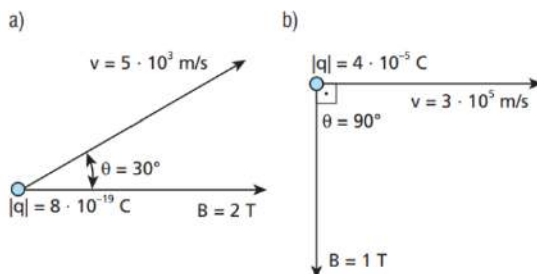
1) Um feixe composto por nêutrons, prótons e elétrons penetra em uma região onde há campo magnético perpendicular à direção inicial do feixe, como indicado na figura.



As três componentes, I, II e III, em que o feixe se subdivide correspondem respectivamente a:

- elétrons, prótons e nêutrons.
- nêutrons, elétrons e prótons.
- prótons, elétrons e nêutrons.
- elétrons, nêutrons e prótons.
- prótons, nêutrons e elétrons.

2) Calcule o módulo da força magnética atuante na partícula em cada caso:



3) Uma tecnologia capaz de fornecer altas energias para partículas elementares pode ser encontrada nos aceleradores de partículas, como, por exemplo, nos ciclotrons. O princípio básico dessa tecnologia consiste no movimento de partículas eletricamente carregadas submetidas a um campo magnético perpendicular à sua trajetória. Um ciclotron foi construído de maneira a utilizar um campo magnético uniforme,  $B$ , de módulo constante igual a  $1,6 \text{ T}$ , capaz de gerar uma força magnética,  $F$ , sempre perpendicular à velocidade da partícula. Considere que esse campo magnético, ao atuar sobre uma partícula positiva de massa igual a  $1,7 \times 10^{-27} \text{ kg}$  e carga igual a  $1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ , faça com que a partícula se movimente em uma trajetória que, a cada volta, pode ser considerada circular e uniforme, com velocidade igual a  $3,0 \times 10^7 \text{ m/s}$ . Nessas condições, o raio dessa trajetória circular seria aproximadamente

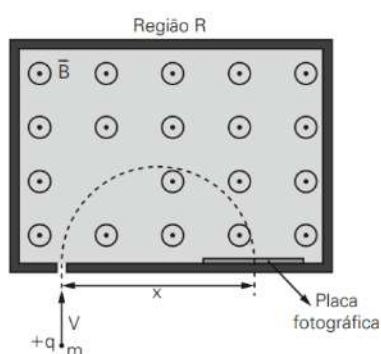
- $1 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .
- $2 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .
- $3 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .
- $4 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .
- $5 \cdot 10^{-4} \text{ m}$ .

4)

Espectrometria de massas é uma técnica instrumental que envolve o estudo, na fase gasosa, de moléculas ionizadas, com diversos objetivos, dentre os quais a determinação da massa dessas moléculas. O espectrômetro de massas é o instrumento utilizado na aplicação dessa técnica.

(www.em.igq.unicamp.br, Adaptado.)

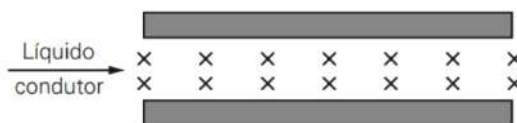
A figura representa a trajetória semicircular de uma molécula de massa  $m$  ionizada com carga  $+q$  e velocidade escalar  $V$ , quando penetra numa região  $R$  de um espectrômetro de massa. Nessa região atua um campo magnético uniforme perpendicular ao plano da figura, com sentido para fora dela, representado pelo símbolo  $\odot$ . A molécula atinge uma placa fotográfica, onde deixa uma marca situada a uma distância  $x$  do ponto de entrada.



Considerando as informações do enunciado e da figura, é correto afirmar que a massa da molécula é igual a

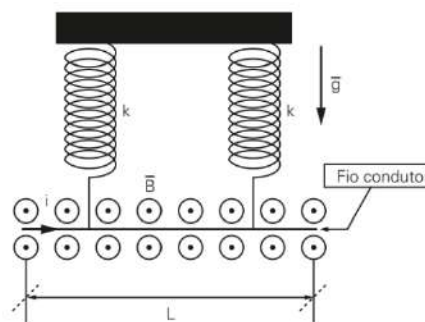
- $\frac{q \cdot V \cdot B \cdot x}{2}$
- $\frac{2 \cdot q \cdot B}{V \cdot x}$
- $\frac{q \cdot B}{2 \cdot V \cdot x}$
- $\frac{q \cdot x}{2 \cdot B \cdot V}$
- $\frac{q \cdot B \cdot x}{2 \cdot V}$

5) Um líquido condutor (metal fundido) flui no interior de duas chapas metálicas paralelas, interdistantes de 2,0 cm, formando um capacitor plano, conforme a figura. Toda essa região interna está submetida a um campo homogêneo de indução magnética de 0,01 T, paralelo aos planos das chapas, atuando perpendicularmente à direção da velocidade do escoamento. Assinale a opção com o módulo dessa velocidade quando a diferença de potencial medida entre as placas for de 0,40 mV.



- 2 cm/s
- 3 cm/s
- 1 m/s
- 2 m/s
- 5 m/s

6) A figura abaixo representa um fio condutor homogêneo rígido, de comprimento  $L$  e massa  $M$ , que está em um local onde a aceleração da gravidade tem intensidade  $g$ . O fio é sustentado por duas molas ideais, iguais, isolantes e, cada uma, de constante elástica  $k$ . O fio condutor está imerso em um campo magnético uniforme de intensidade  $B$  perpendicular ao plano da página e saindo dela, que age sobre o condutor, mas não sobre as molas. Uma corrente elétrica  $i$  passa pelo condutor e, após o equilíbrio do sistema, cada mola apresentará uma deformação de:



Desenho ilustrativo - fora de escala

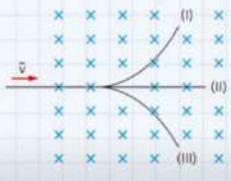
- $\frac{Mg + 2k}{BiL}$
- $\frac{BiL}{Mg + 2k}$
- $\frac{k}{2(Mg + BiL)}$
- $\frac{Mg + BiL}{2k}$
- $\frac{2k + BiL}{Mg}$

Gabarito:

- E
- a)  $F_m = 4 \cdot 10^{-15} \text{ N}$
- b)  $F_m = 12 \text{ N}$
- B
- E
- D
- D

## GABARITO COMENTADO EM VÍDEO - LISTA 02

1) Um feixe composto por nêutrons, prótons e elétrons penetra em uma região onde há campo magnético perpendicular à direção inicial do feixe, como indicado na figura.



As três componentes, I, II e III, em que o feixe se subdivide correspondem respectivamente a:

- elétrons, prótons e nêutrons.
- nêutrons, elétrons e prótons.
- prótons, elétrons e nêutrons.
- elétrons, nêutrons e prótons.
- prótons, nêutrons e elétrons.

Link: <https://drive.google.com/drive/folders/12GmTbghIMneH227sAptGTKKMtAZpAY8O?usp=sharing>

Link do vídeo:



## APRESENTAÇÃO DE SLIDES - BLOCO 02

 @professormoll



BLOCO 2: FORÇA E GERAÇÃO DE CAMPO MAGNÉTICO

### ELETROMAGNETISMO

Prof. Pedro Moll - Física

Link da apresentação em CANVA:



# BLOCO 03



## INDUÇÃO, ELETROMAGNÉTICA E GERAÇÃO DE ENERGIA



## AULA 04: Fechando a equação, do magnetismo para a eletricidade. Um curioso chamado Faraday.

### Objetivos da aula

- Relacionar a relação entre a variação do campo magnético em uma espira com a geração de energia elétrica;
- Compreender a Lei da indução eletromagnética (Lei de Faraday-Lenz);
- Relacionar a lei de indução eletromagnética com a geração de energia elétrica;
- Instigar o processo de argumentação e hipóteses de cunho investigativos por meio de experimentos demonstrativos;
- Consolidar os conhecimentos adquiridos ao longo dos tópicos de eletromagnetismo por meio de uma atividade de desenvolvimento da linguagem científica e criatividade.

### Conteúdos Abordados

- Fluxo Magnético;
- Lei da Indução Eletromagnética;
- Geradores Mecânicos de Eletricidade.

### Recursos Didáticos

- Computador;
- Televisão ou projetor multimídia;
- Caneta e quadro;
- Materiais experimentais relacionados.

**Tempo de aula previsto: 1 hora e 40 minutos (2 Aulas)**



### Procedimentos em aula

## DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA 05 - O ANEL SALTITANTE

O professor começará a aula realizando uma demonstração que mostra o fenômeno da **indução eletromagnética** de uma maneira muito visual e atrativa para os alunos. Para isso, será usado um experimento chamado "**Anel de Thomson**", que consiste basicamente em uma bobina feita com muitas voltas de fios de cobre esmaltados acoplada a um núcleo de ferro, um interruptor, dois anéis de alumínio (um fechado e um aberto) e uma conexão de tomada, conforme mostra a Figura 20:

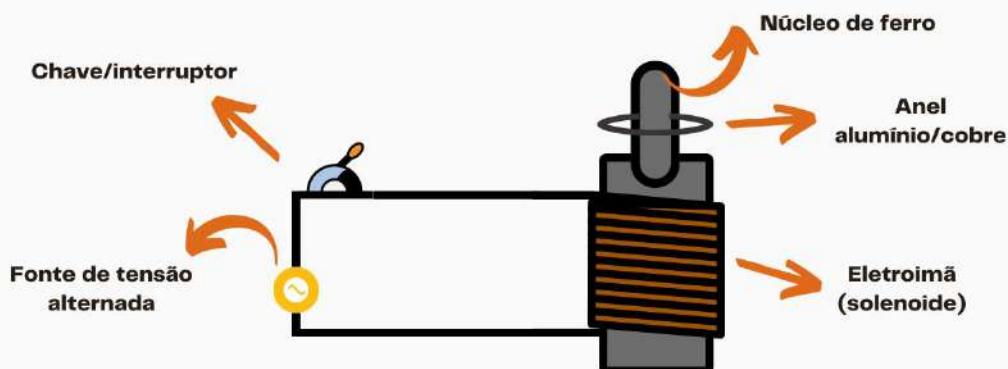
FIGURA 20 - Componentes utilizados para realização do experimento do anel de Thomson.



**IMPORTANTE:** O ideal seria usar um **regulador de tensão** e não conectar a bobina diretamente na tomada, uma vez que a resistência elétrica da bobina é muito baixa, e ligá-la a uma rede de 127 V resultaria em uma corrente elétrica muito alta. Caso o professor não tenha acesso a nenhuma forma de controlar a tensão, recomendo que o uso seja rápido e que o interruptor utilizado consiga suportar altas correntes. **NUNCA LIGUE NA TOMADA POR MUITO TEMPO SEM O AUXÍLIO DE UM INTERRUPTOR.**

O esquema de como deve ser a montagem do experimento está representado na Figura 21. Deixarei abaixo um artigo que faz uma explicação mais detalhada qualitativamente e de aspectos físicos do experimento, intitulado “**Explicação qualitativa do “anel de Thomson”. Como ocorre a “levitação magnética?”**”

FIGURA 21 - Esquema da montagem do experimento do anel de Thomson





SILVEIRA, Fernando Lang da; AXT, Rolando.  
**Explicação qualitativa do "anel de Thomson":  
 como ocorre a "levitação magnética"?**. Revista  
 Brasileira de Ensino de Física, v. 25, p. 81-85, 2003.



### APLICAÇÃO DO EXPERIMENTO:

- 1) Comece lembrando aos alunos o que é um eletroímã, sem explicar o que irá acontecer no experimento (o elemento surpresa do anel pulando faz parte do 'show'). Antes de ligar o interruptor, mostre aos alunos o anel de alumínio e enfatize que o alumínio não está magnetizado e nem mesmo é um material ferromagnético (use um ímã para mostrar que o alumínio não é atraído por ele).
- 2) Coloque o anel de alumínio fechado no núcleo de ferro e aperte o interruptor. Os alunos serão surpreendidos pelo 'anel saltitante', como mostra a Figura 22:

FIGURA 22 - Experimento do anel de Thomson sendo realizado com as etapas do "salto" do anel.



- 3) Após a realização do experimento, o professor deve iniciar uma discussão entre os alunos para permitir que eles elaborem hipóteses sobre o que aconteceu com o anel para que ele seja "expelido" do núcleo de ferro. Use as seguintes perguntas para auxiliar a discussão:

- Por que o anel fechado é expelido ao ligar a bobina?
- Qual força está causando o movimento do anel?

**Comentários:** O fenômeno da indução eletromagnética não é muito trivial de ser explicado. No entanto, essa demonstração procura verificar se os alunos conseguem associar alguns conceitos previamente discutidos nas aulas passadas com a ação presenciada por eles no experimento. Espera-se que os alunos consigam relacionar termos como "**Força Magnética**," "**Corrente Elétrica**", e "**Geração de Campo Magnético**" na tentativa de elaborar alguma explicação para o salto do anel.

4) Finalizada a discussão, o professor deve agora tentar repetir o experimento utilizando o anel "aberto". Após pressionar o interruptor, os alunos verão que o anel não apresentará nenhuma mudança no seu comportamento. Após essa constatação, o professor deve fazer a seguinte pergunta:

- Por que no anel aberto o mesmo fenômeno não acontece?

**Comentários:** Após a realização dessa etapa, os alunos mais atentos podem perceber que se, com o anel fechado, houve de alguma forma uma repulsão e no anel aberto não, isso pode estar relacionado com o fluxo de corrente elétrica sendo gerado em um dos anéis. Isso se deve ao fato de que, para haver fluxo de corrente, é necessário ter um **caminho fechado**.

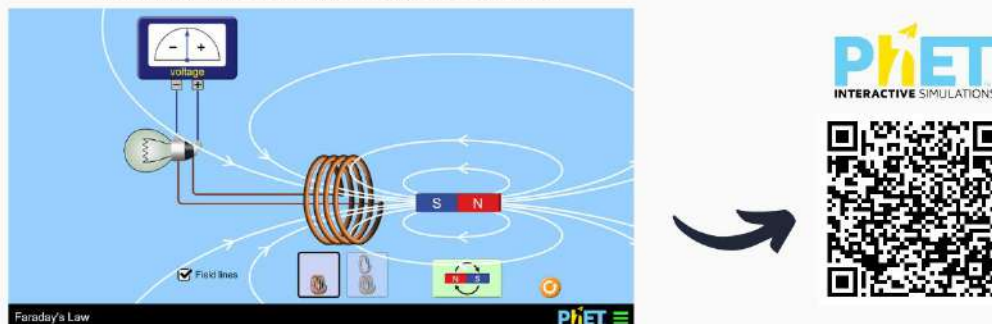
## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA VI

Após a realização do experimento, é fundamental realizar uma parte expositiva para explicar todos os conceitos necessários para que o aluno compreenda o fenômeno observado durante a experimentação. Além disso, é importante introduzir a **lei de indução eletromagnética** aos alunos. Para isso, recomenda-se que o professor utilize uma apresentação de slides, abordando os seguintes tópicos:

- Fluxo do campo magnético;
- Indução Eletromagnética;
- Formas de variar o fluxo magnético (Variar o campo, variar a área, variar o ângulo);
- Lei de Faraday-Lenz.

Durante a explicação recomenda-se ao professor usar a **simulação do PhET** (Figura 23) para demonstrar a Lei de Faraday de forma mais visual para os alunos.

FIGURA 23 - Simulação da Lei de Faraday utilizando o simulador PhET da Universidade do Colorado.



Após finalizar as explicações, o professor deve enfatizar que agora possuímos todos os recursos e conhecimentos necessários para colocar em prática a proposta feita no primeiro dia de aula, que é a geração de energia elétrica. Mostre aos alunos a resolução desse problema pelos personagens da série. O episódio de referência é o episódio 09 da primeira temporada, intitulado 'Faça-se a luz da ciência', disponível na plataforma de streaming Crunchyroll ou em alguns vídeos no YouTube.

FIGURA 23 - Episódio 09 - Faça-se a luz da ciência do anime Dr. Stone



E9 - Faça-se a luz da ciência, Crunchyroll. Disponível em: <<https://www.crunchyroll.com/pt-br/watch/GR4PKJ4VY/stone-road?modal=restricted>>. Acesso em 17 de outubro de 2023.

 crunchyroll



Use principalmente a parte final do episódio que mostra o personagem principal utilizando o gerador construído usando os recursos obtidos para poder ascender um filamento de bambu e **gerar luz**.



## Avaliação da aula

O professor deve reservar entre trinta e quarenta minutos no final da aula para uma **atividade em grupo**. O professor fornecerá aos alunos cenas do mangá de Dr. Stone com as falas apagadas (Figura 24) para que, em conjunto com os colegas, completem as falas com criatividade, tentando utilizar **conceitos e linguagens** relacionados à matéria. É recomendado que os grupos tenham no máximo 6 alunos, e cada grupo pode receber uma parte da história para completar.

FIGURA 24 - Exemplo de cena do mangá de Dr. Stone para ser utilizado na atividade.



INAGAKI, Riichiro; BOICHI. Dr. Stone V.3 - Barueri, SP : Panini Brasil, 2019.

Os capítulos do mangá recomendados para uso estão todos presentes no **volume 03**. O professor poderá escolher quais partes deseja que os alunos completem e apagar as falas dos personagens, seguindo o exemplo da Figura 24. Recomendo os seguintes capítulos:

### Capítulo Z = 20 - “Caminho de Pedra”

Esse capítulo contém a aparição de **ímãs** na série e uma parte que mostra o funcionamento de uma **bússola**. Se forem utilizadas as cenas desse capítulo no trabalho, espera-se que os alunos consigam utilizar termos como “Campo Magnético,” “Ímãs,” “Magnetismo Terrestre,” “Polos Magnéticos,” e “Bússola,” por exemplo.

### Capítulo Z = 24 - “Eletricidade, Raio, Pedra e Fogo”

Nesse capítulo, os personagens, após obterem o ferro, buscam produzir um **ímã artificial** a partir de fios de cobre enrolados na barra de ferro (um ímã poderoso), usando a descarga elétrica de um raio. Se forem utilizadas cenas desse capítulo, espera-se que os alunos consigam completar os balões que faltam e utilizar termos como “Bobina,” “Solenóide,” “Geração de Campo Magnético,” “Eletroímãs,” “Poder das Pontas,” “Lei de Ampère,” “Corrente Elétrica,” “Descarga Elétrica,” etc.”

### Capítulo Z = 25 - “A luz da ciências em minhas mãos”

Nesse capítulo, o personagem irá utilizar os ímãs criados e os materiais coletados para construir um **gerador elétrico** para ascender um filamento de bambu. Esse é o principal capítulo a ser utilizado, pois é o desfecho da série. Espera-se que os alunos utilizem termos como: “Indução eletromagnética”, “Campo magnético Induzido”, “Lei de Faraday”, “Eletroímãs”, “Bobinas”, “Rotação”, “Fluxo magnético”, etc.



### PARA CASA

Após a aula, o professor deve pedir aos alunos que assistam ao vídeo '**Entramos nas TURBINAS de ITAIPU!**' do canal MANUAL DO MUNDO, que mostra um pouco sobre a usina de Itaipu. Nessa visita, são apresentadas as turbinas e como ocorre a conversão de energia potencial gravitacional em energia elétrica, usando como base o princípio estudado na aula sobre a lei da indução eletromagnética. O vídeo é interessante para os alunos entenderem a importância desse fenômeno para a humanidade.

Vídeo 04 - Entramos nas TURBINAS de ITAIPU!

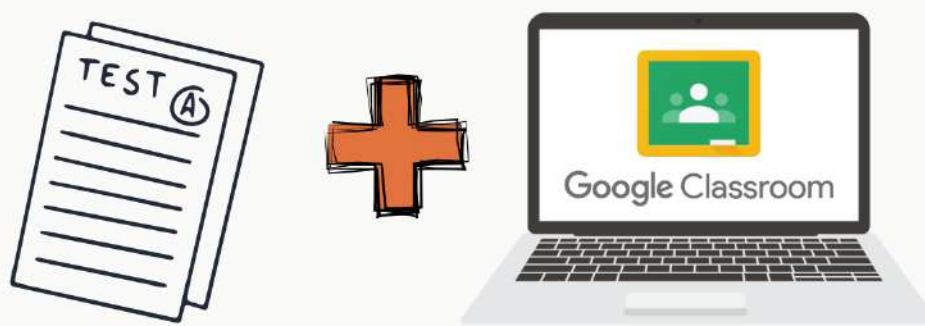


[Link do vídeo](#)



No final do bloco 3, também deverá ser distribuído para os alunos uma **lista de exercícios** com questões de **vestibular** para treinar os conceitos trabalhados na aulas. Essa lista deverá ter um prazo de entrega para motivar os alunos a sua realização, sendo também pontuada dentro do planejamento do professor. A lista poderá ser entregue tanto fisicamente, quanto de forma remota, utilizando a plataforma de escolha do professor, recomendo a criação e utilização de um **Google Classroom** para isso. A terceira lista irá contemplar os conteúdos de **geração de campo magnético por fios e espiras** e a parte de **indução eletromagnética**.

FIGURA 25 - Disponibilização das listas e respostas pelo Google Classroom



O professor nesse ponto chegará ao fim das suas apresentações e tarefas em sala de aula, a próxima aula será a apresentação do projeto da **OFICINA DE CRIAÇÃO DO REINO DA CIÊNCIA**, que será explicada no próximo capítulo.

### Google Forms

O professor deverá enviar para casa também o mesmo questionário que foi utilizado no início da primeira aula para coletar os **conhecimentos prévios** dos alunos. É recomendado que o questionário seja enviado por meio de um formulário como o **Google Forms**. O objetivo desse questionário final (igual ao primeiro) é o professor avaliar a comparação das respostas dos alunos do início da aplicação com os aluno no final da aplicação.

# BLOCO 03

## ANEXOS





Nome: \_\_\_\_\_

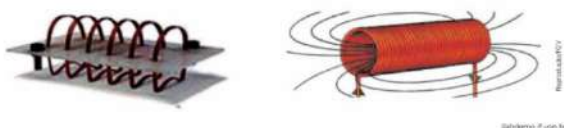
Data : \_\_\_\_\_



## Lista 03 - Geração de Campo Magnético e Indução Eletromagnética



1) As figuras representam dois exemplos de solenoides, dispositivos que consistem em um fio condutor enrolado. Tal enrolamento pode se dar em torno de um núcleo feito de algum material ou, simplesmente, no ar. Cada volta de fio é denominada espira.



A passagem de uma corrente elétrica através desse fio cria, no interior do solenoide, um campo magnético cuja intensidade

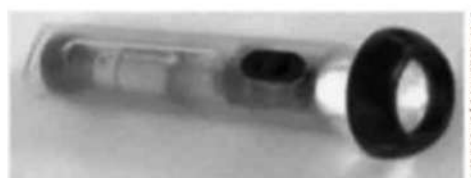
- é diretamente proporcional ao quadrado da intensidade da corrente elétrica e ao comprimento do solenoide.
- é diretamente proporcional à densidade das espiras, ou seja, ao número de espiras por unidade de comprimento.
- é diretamente proporcional ao número total de espiras do solenoide e ao seu comprimento.
- independe da distância entre as espiras, mas depende do material de que é feito o núcleo.
- é a maior possível quando o material componente do núcleo é diamagnético ou paramagnético.

2) Uma espira circular de raio  $R = 20 \text{ cm}$  é percorrida por uma corrente  $i = 40 \text{ A}$ . Sabe-se que o meio onde a espira se encontra tem permeabilidade absoluta  $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T.m/A}$ .

a) Calcule a intensidade do vetor indução magnética no centro O da espira.

b) Considerando uma partícula eletrizada com carga  $q = 2 \mu\text{C}$  deslocando-se ao longo de um diâmetro da espira, calcule a intensidade da força magnética que atuará nessa partícula ao passar por O, sabendo que sua velocidade, nesse ponto, vale  $1000 \text{ m/s}$ .

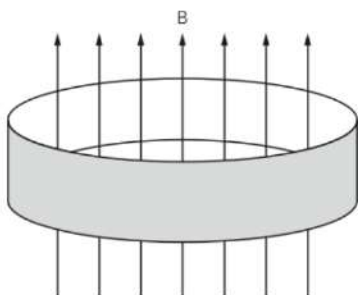
3) A foto mostra uma lanterna sem pilhas, recentemente lançada no mercado. Ela funciona transformando em energia elétrica a energia cinética que lhe é fornecida pelo usuário – para isso ele deve agitá-la fortemente na direção do seu comprimento. Como o interior dessa lanterna é visível, pode-se ver como funciona: ao agitá-la, o usuário faz um ímã cilíndrico atravessar uma bobina para frente e para trás. O movimento do ímã através da bobina faz aparecer nela uma corrente induzida que percorre e acende a lâmpada



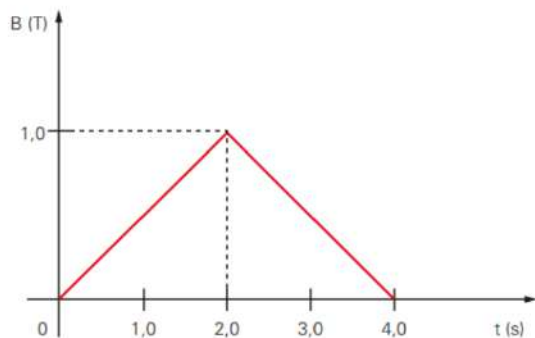
O princípio físico em que se baseia essa lanterna e a corrente induzida na bobina são, respectivamente:

- indução eletromagnética; corrente alternada.
- indução eletromagnética; corrente contínua.
- lei de Coulomb; corrente contínua.
- lei de Coulomb; corrente alternada.
- lei de Ampère; correntes alternada ou contínua podem ser induzidas

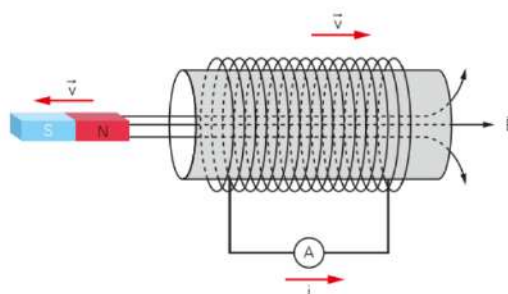
4) O fluxo magnético através do anel da figura é  $37 \times 10^{-3}$  Wb. Quando a corrente que produz este fluxo é interrompida, o fluxo cai a zero no intervalo de tempo de 1,0 ms. Determine a intensidade da **força eletromotriz média** induzida no anel, em volts.



5) O gráfico mostra a dependência com o tempo de um campo magnético espacialmente uniforme que atravessa uma espira quadrada de 10 cm de lado. Sabe-se que a resistência elétrica do fio, do qual é formada a espira, é 0,2 ohm. Calcule a **corrente elétrica induzida na espira**, em mA, entre os instantes  $t = 0$  e  $t = 2,0$  s. .



6) O funcionamento dos geradores de usinas elétricas baseia-se no fenômeno da indução eletromagnética, descoberto por Michael Faraday no século XIX. Pode-se observar esse fenômeno ao se movimentar um ímã e uma espira em sentidos opostos com módulo da velocidade igual a  $v$ , induzindo uma corrente elétrica de intensidade  $i$ , como ilustrado na figura.



A fim de se obter uma corrente com o mesmo sentido da apresentada na figura, utilizando os mesmos materiais, outra possibilidade é mover a espira para a

- esquerda e o ímã para a direita com polaridade invertida.
- direita e o ímã para a esquerda com polaridade invertida.
- esquerda e o ímã para a esquerda com mesma polaridade.
- direita e manter o ímã em repouso com polaridade invertida.
- esquerda e manter o ímã em repouso com mesma polaridade.

Gabarito:

1) B

2.a)  $B = 4\pi \cdot 10^{-5} \text{ T}$

2.b)  $F_m = 8\pi \cdot 10^{-9} \text{ N}$

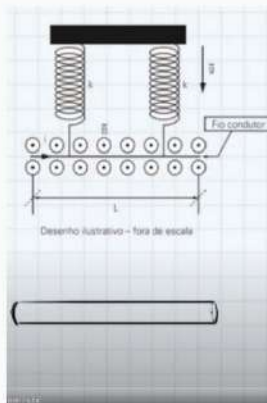
3) A

4) 37 Volts

5) 25 mA

6) A

## ▶ GABARITO COMENTADO EM VÍDEO - LISTA 03



Desenho ilustrativo - fora de escala

Fio condutor

a)  $\frac{Mg + 2k}{BiL}$

b)  $\frac{BiL}{Mg + 2k}$

c)  $\frac{k}{2(Mg + BiL)}$

d)  $\frac{Mg + BiL}{2k}$

e)  $\frac{2k + BiL}{Mg}$

Link do vídeo:



Link: <https://drive.google.com/drive/folders/12GmTbqhIMneH227sAptGTKKMtAzpAY8O?usp=sharing>



## APRESENTAÇÃO DE SLIDES - BLOCO 03

@professormoll



BLOCO 03: INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA E GERAÇÃO DE ENERGIA

# ELETROMAGNETISMO

Prof. Pedro Moll - Física

Link da apresentação em CANVA:



# OFICINA



DE CRIAÇÃO  
DO REINO  
DA CIÊNCIA



## AULA 05: Botando a mão na massa. A oficina de criação do Reino da ciência.

### Objetivos da aula

- Elucidar todos os conceitos trabalhados por meio de um processo de interação social e troca de informações e ideias pelos alunos;
- Esquematizar as ideias dos alunos dos processos que levam a produção de energia elétrica.
- Elaborar um manual e um experimento com o objetivo de ascender um LED.

### Conteúdos Abordados

- Magnetismo
- Geração de campo magnético;
- Indução Eletromagnética.

### Recursos Didáticos

- Computador;
- Televisão ou projetor multimídia;
- Caneta e quadro;
- Materiais experimentais relacionados.

### Tempo de aula previsto: 1 hora e 40 minutos (2 Aulas)

Durante as aulas do bimestre, os alunos foram desenvolvendo os subsídios necessários para a culminância do problema inicial, que era: **'Se estivéssemos em um mundo de pedra, sem acesso a nenhuma tecnologia, só podendo contar com nossos conhecimentos e com os recursos que a natureza nos proporciona, como faríamos para produzir energia elétrica?'** Ao longo do bimestre, a cada bloco finalizado, o professor pode adicionar 'materiais adquiridos' a um kit experimental que será distribuído para os alunos no final do bloco 03, como mostra a Figura 26:

FIGURA 26 - Kit experimental com os materiais para serem entregues aos alunos.



O professor poderá reunir os alunos em grupos e entregar o kit experimental, destacando o seguinte objetivo:

### OBJETIVO:

Com os materiais coletados, façam um planejamento com pesquisas, discussões e debates para confeccionar um dispositivo capaz de **ascender um LED**.

FIGURA 27 - Objetivo da oficina de criação.



Na aula, sintetize com os grupos a função de cada membro do grupo (Figura 28). Deixe claro para os alunos que este é um momento de criatividade e pesquisa, e que a organização deles contribuirá para o sucesso do projeto.

FIGURA 28 - Divisão dos grupos

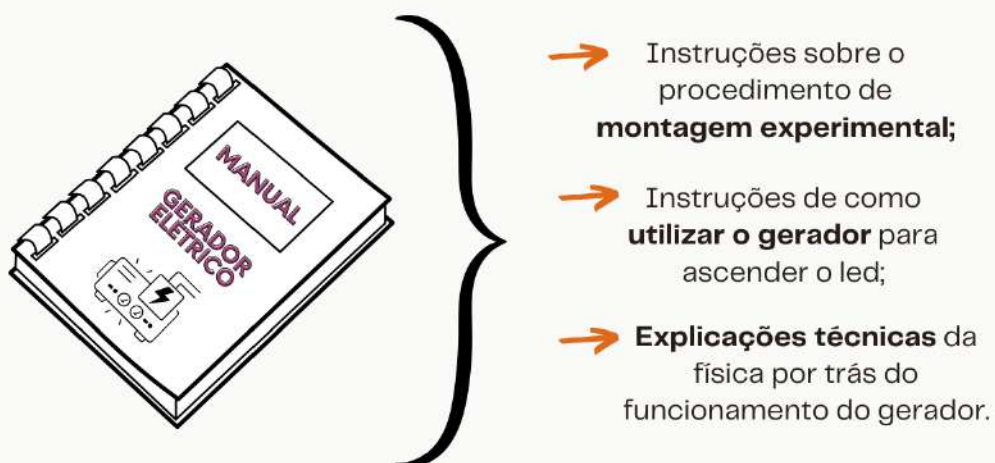


- Realizar uma **pesquisa** para ver as possibilidades de como irão **construir** o gerador;
- Fazer uma **lista dos materiais** extras que vão precisar e um **esboço** de como será o gerador;
- **Dividir** as tarefas para cada integrante do grupo.

Além do aparato experimental, é de extrema importância o professor solicitar que os alunos criem um **Manual de Montagem do Gerador Elétrico** (Figura 29). Esse manual servirá como uma avaliação para o professor, especialmente para verificar se os alunos conseguiram aplicar as terminologias ensinadas durante o bimestre e compreenderam o processo de geração de energia elétrica



FIGURA 29 - Tópicos para a elaboração do manual do gerador elétrico.



Chegamos ao fim da nossa sequência de ensino investigativa. Marque com os alunos a apresentação dos resultados e avalie os manuais que eles entregaram, focando na utilização adequada de terminologias que se relacionem com os conceitos científicos trabalhados ao longo da sequência