

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**SANAN ZABELLI SYLVESTRE CANDIDO**

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UMA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO  
MAGNETISMO**

Cariacica

2021

SANAN ZAMBELLI SYLVESTRE CANDIDO

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UMA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO  
MAGNETISMO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini.

Cariacica

2021

(Biblioteca do *Campus* Cariacica do Instituto Federal do Espírito Santo)

C217e Candido, Sanan Zambelli Sylvestre.

Ensino por investigação: uma abordagem para o estudo do magnetismo / Sanan Zambelli Sylvestre Candido – 2021.

216, [64] f. : il. ; 30 cm

Orientador: Jardel da Costa Brozeguini.

Dissertação (mestrado) – Instituto Federal do Espírito Santo, Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, 2021.

1. Ciências – Estudo e ensino (Ensino médio). 2. Física – Estudo e ensino. 3. Campos magnéticos. 4. Ensino por investigação. I. Brozeguini, Jardel da Costa. II. Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Cariacica. III. Sociedade Brasileira de Física. IV. Título.

CDD: 530.07

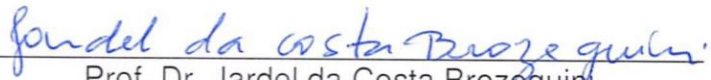
**SANAN ZAMBELLI SYLVESTRE CANDIDO**

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UMA ABORDAGEM PARA O ESTUDO DO  
MAGNETISMO**

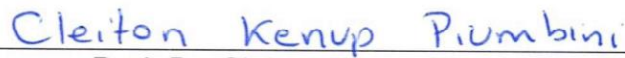
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 30 de julho de 2021

**COMISSÃO EXAMINADORA**



Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientador



Prof. Dr. Cleiton Kenup Piumbini  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Membro interno



Prof. Dr. Geide Rosa Coelho  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Membro externo

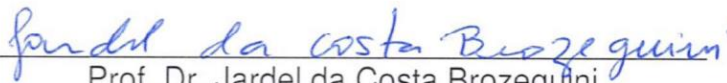
## SANAN ZABELLI SYLVESTRE CANDIDO

CANDIDO, Sanan Zambelli Sylvestre; BROZEGUINI, Jardel da Costa. **Ensino por investigação**: uma intervenção didática para ensino dos conceitos de magnetismo. Cariacica: Ifes, 2021. 71 p.

Produto Educacional apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Física – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com o Instituto Federal do Espírito Santo, Campus Cariacica, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovado em 30 de julho de 2021

### COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Orientador



Prof. Dr. Cleiton Kenup Piumbini  
Instituto Federal do Espírito Santo  
Membro interno



Prof. Dr. Geide Rosa Coelho  
Universidade Federal do Espírito Santo  
Membro externo

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (Capes) – Código de financiamento 001.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF), pela idealização do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF).

Em especial agradeço meu marido Sandro Candido pela dedicação e esforço que tem me oferecido neste período de estudos no mestrado e em particular as minhas filhas Sarah e Sanarah por compreender as minhas ausências.

Agradeço ao meu pai, minhas irmãs e meus sobrinhos pelas palavras de apoio, por todas as vezes que entenderam que precisava me dedicar ao mestrado.

Agradeço também a minha sobrinha e a afilhada Paula Zambelli pelas conversas e carinho na curiosidade em entender a proposta aplicada para me ajudar a organizar meus pensamentos.

E à Grazielly Ameixa, diretora da escola EEEFM Marinete de Souza Lira em que aplicamos a proposta didática, por seu companheirismo e empenho junto ao corpo docente e discente para a realização da proposta.

Aos meus amigos de vida e de mestrado por todas as conversas e esclarecimentos sobre formação acadêmica. Vocês são demais!

Agradeço aos meus professores do PARFOR, Dr. Marcio Bolzan, Dr. Fernando Leal, Me. Robson Leone, Me. Marcelo Esteves e Alex por se dedicarem a esse projeto que foi muito importante, num momento difícil da minha vida.

E, em especial ao meu orientador Dr. Jardel da Costa Brozeguini por aceitar trilhar esse caminho comigo. Nos locais da escalada quando eu acreditava não alcançar um ponto mais alto, lá estava você com a mão estendida. Obrigada por tudo!

## RESUMO

Essa dissertação é o resultado de uma prática pedagógica na perspectiva investigativa, desenvolvida no primeiro semestre do ano de 2021, em duas turmas da 3ª série do Ensino Médio da Escola Estadual Ensino Fundamental e Médio Marinete de Souza Lira, localizada à Rua Vitória Régia, s/n, Bairro Feu Rosa, no município de Serra, Estado do Espírito. O estudo, de natureza quali-quantitativa, tem como principal objetivo de pesquisa a análise do processo de construção dos conceitos científicos em aulas de Física, fundamentadas na perspectiva investigativa de ensino. A abordagem utilizada é baseada no ensino por investigação (EI) a qual busca descrever as relações estabelecidas pelos alunos e o seu papel na construção do conhecimento. Assim, construímos uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) composta pelas etapas de leitura de texto, demonstração investigativa, questões abertas, problemas abertos e laboratório aberto. A coleta de dados foi feita durante a realização das atividades pelos alunos, nas quais tivemos registros escritos e orais, e algumas aulas foram gravadas em áudio e vídeo para a análise das atividades. Utilizamos esses dados para quantificar os níveis de aprendizagem dos educandos. Os resultados mostram que, os alunos trazem consigo relações sociais e culturais do seu cotidiano para a sala de aula, tornando a apropriação dos conceitos científicos um desafio para o professor. Com relação ao conteúdo campo magnético, a análise dos questionários aponta um avanço conceitual dos alunos. No geral, a proposta baseada no ensino por investigação mostrou-se promissora no processo de enculturação científica dos alunos.

Palavras-chave: Ensino de Ciências. Ensino por investigação. Campo magnético.

## **ABSTRACT**

This dissertation is the result of a pedagogical practice in an investigative perspective, performed during the second term of 2021, in two groups of the third year of High School at Marinete de Souza Lira State Elementary and High School, located at Rua Vitória Régia, s /n, Bairro Feu Rosa, in the municipality of Serra, ES. The study, of a quali-quantitative nature, whose main source of research goal is the analysis of the process of construction of scientific concepts in physics classes, based on the teaching investigative perspective. The approach used is based on teaching by investigation (EI) which seeks to describe the relations established by the students and their role in shaping their learning. Thus, we built a Sequence of Investigative Teaching (SEI) that comprised of text reading, investigative demonstration, open questions, open problems and open laboratory. Data collection was carried out during the performance of the activities by the students, in which we had written and oral records and some classes were recorded in audio and video for the analysis of the activities. We use this data to quantify the learning levels of students. The results show that students bring social and cultural relationships from their daily lives to the classroom, making the appropriation of scientific concepts a challenge for the teacher. Regarding the magnetic field content, the analysis of the questionnaires points to a conceptual advance by the students. In general, the proposal based on teaching by investigation proved to be promising for include students in scientific culture.

**Keywords:** Science teaching. Investigative teaching. Magnetism.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Partícula carregada movendo-se paralelamente às linhas de campo magnético.....	44
Figura 2 - Partícula carregada movendo-se perpendicular às linhas de campo magnético.....	45
Figura 3 - Partícula carregada movendo-se fazendo um ângulo $\theta$ entre o vetor velocidade e as linhas de campo magnético. ....	45
Figura 4 - Esquema da regra da mão direita para determinar o sentido da força magnética exercida em uma partícula carregada movendo-se em um campo magnético. ....	46
Figura 5 - Trecho infinitesimal $dl$ de um fio condutor de secção transversal $A$ , percorrido por uma corrente elétrica de densidade $J$ .....	47
Figura 6 - Partícula carregada se movendo em um plano perpendicular a um campo magnético uniforme. ....	49
Figura 7 - Espira retangular num campo $B$ uniforme.....	51
Figura 8 - Visão lateral da espira retangular num campo magnético uniforme. ....	52
Figura 9 - Uma carga pontual positiva $q$ movendo-se com velocidade $v$ produz um campo magnético $B$ em um ponto $P$ .....	53
Figura 10 - O infinitésimo de corrente $i(dl)$ produz um campo magnético $dB$ no ponto $P1$ que está na direção e sentido de $(dl) \times r$ . ....	54
Figura 11 - Elemento de corrente $i(dl)$ para calcular o campo magnético no centro do anel.....	56
Figura 12 - Representação esquemática das linhas de campo magnético de um anel de corrente. ....	56
Figura 13 - Um solenoide pode ser considerado como vários anéis colocados lado a lado conduzindo a mesma corrente elétrica. ....	57
Figura 14 - Representação esquemática das linhas de campo magnético dentro e fora de um solenoide. As linhas são idênticas às de um ímã em forma de barra. ....	57
Figura 15 - Representação esquemática para o cálculo do campo magnético no interior de um solenoide. ....	58
Figura 16 – Campo magnético do fio retilíneo infinito. ....	59

Figura 17 - Representação esquemática para o calcular o campo magnético de um fio retilíneo infinito usando a Lei de Ampère.....	63
Figura 18 - Modelo de anéis de corrente atômicas proposto por Ampère onde todos os dipolos atômicos são paralelos ao eixo do cilindro. As correntes nos anéis de corrente no interior do material uniformemente magnetizado se cancelam, restante apenas uma corrente $s$ .....	64
Figura 19 - Uma partícula de carga $q$ e massa $m$ movendo-se com velocidade $v$ em um círculo de raio $r$ .....	68
Figura 20 - Representação esquemática dos domínios ferromagnéticos.....	72
Figura 21 - Duas cargas positivas se movimentando em sentido oposto criam campos momentos magnéticos em sentidos diferentes. ....	75
Figura 22 - Adaptação do aparato experimental utilizado na Demonstração Investigativa. ....	128
Figura 23 - Arranjo experimental tridimensional para visualização das linhas de campo magnético utilizado na demonstração investigativa.....	1387
Figura 24 - Arranjo experimental para registrarem a hipótese se o campo magnético apresentaria a mesma força magnética para deslocar a ponta vermelha da agulha da bússola um ângulo de $45^\circ$ . ....	165

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Os níveis de investigação no laboratório de ciências proposto por Borges (2002, p. 306). .....	34
Quadro 2 - Resumo da Sequência de Ensino Investigativa. ....	87
Quadro 3 - Materiais usados em cada etapa da Sequência de Ensino Investigativa	90
Quadro 4 - Procedimentos e atitudes empreendidas em cada episódio. (Produzido por Souza (2014) adaptado a partir de Pozo; Gómez-Crespo, 2009). ...	92

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação do questionário prévio com acertos (A) e erros (E) por aluno .....	95
Tabela 2 - Classificação do questionário prévio com acertos (A) e erros (E) por aluno .....	96

## **LISTA DE SIGLAS**

SEI - Sequência de Ensino Investigativa.

RMN - Ressonância Magnética Nuclear.

PEPC - Plano Estratégico de Prevenção e Controle.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
1.1	OBJETIVOS.....	16
1.1.1	<b>Objetivos específicos de ensino</b> .....	<b>16</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos de pesquisa</b> .....	<b>17</b>
1.2	ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	17
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTOS TEÓRICOS PRESENTES NA INTERVENÇÃO DIDÁTICA</b> .....	<b>19</b>
2.1	INTRODUÇÃO.....	19
2.2	O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO .....	19
2.2.1	<b>Ensino de ciências por investigação e um contexto histórico</b> .....	<b>19</b>
2.2.2	<b>Ensino por investigação</b> .....	<b>24</b>
2.2.3	<b>A Sequência de Ensino Investigativa (SEI)</b> .....	<b>28</b>
2.3	APRECIÇÃO DOS CONHECIMENTOS AO FINALIZAR UMA SEI: AVALIAÇÃO .....	36
<b>3</b>	<b>FUNDAMENTOS DE FÍSICA PRESENTES NA DISSERTAÇÃO</b> .....	<b>43</b>
3.1	O CAMPO MAGNÉTICO .....	43
3.1.1	<b>A força exercida por um campo magnético</b> .....	<b>44</b>
3.1.2	<b>Movimento de uma carga pontual em um campo magnético</b> .....	<b>48</b>
3.2	FONTES DE CAMPO MAGNÉTICO .....	52
3.2.1	<b>O campo magnético produzido por uma partícula carregada em movimento</b> .....	<b>52</b>
3.2.2	<b>O campo magnético produzido por correntes elétricas</b> .....	<b>53</b>
3.2.3	<b>A Lei de Gauss para o magnetismo</b> .....	<b>60</b>
3.2.4	<b>A Lei de Ampère</b> .....	<b>61</b>
3.2.5	<b>O magnetismo nos materiais</b> .....	<b>63</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>77</b>
4.1	TIPO DE PESQUISA .....	77
4.2	O CONTEXTO ESCOLAR E OS SUJEITOS DA PESQUISA.....	79
4.3	CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA.....	80
4.3.1	<b>A Sequência de Ensino Investigativa</b> .....	<b>80</b>
4.4	PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO E ANÁLISE DE DADOS .....	88
4.4.1	<b>Análise de dados da pesquisa</b> .....	<b>88</b>
4.4.2	<b>Os instrumentos de coleta de dados</b> .....	<b>90</b>
4.4.3	<b>Método de análise dos dados do Laboratório Aberto</b> .....	<b>91</b>

<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO – O PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>94</b>
5.1	ETAPA 1: APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA	94
5.2	ETAPA 2: QUESTIONÁRIO PRÉVIO	95
5.3	ETAPA 3: LEITURA DE TEXTOS	99
5.3.1	Análise da questão 1 do questionário	100
5.3.2	Análise da questão 2 do questionário	102
5.3.3	Análise da questão 3 do questionário	104
5.3.4	Análise da questão 4 do questionário	108
5.3.5	Análise da questão 5 do questionário	112
5.3.6	Análise da questão 6 do questionário	115
5.3.7	Análise da questão 7 do questionário	120
5.3.8	Análise da questão 8 do questionário	123
5.4	DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA	128
5.4.1	Demonstração Investigativa 1 – Ímã em forma de barra	129
5.4.2	Proposta 2 – Ímã em forma de ferradura	134
5.5	QUESTÕES ABERTAS	138
5.5.1	Análise da questão 1 das questões abertas	138
5.5.2	Análise da questão 2 das questões abertas	140
5.5.3	Análise da questão 3 das questões abertas	141
5.5.4	Análise da questão 4 das questões abertas	143
5.5.5	Análise da questão 5 das questões abertas	144
5.5.6	Análise da questão 6 das questões abertas	146
5.5.7	Análise da questão 7 das questões abertas	148
5.6	PROBLEMAS ABERTOS	150
5.6.1	Primeiro momento – Experimento de Oersted	150
5.6.2	Segundo momento – Construção do eletroímã	157
5.7	LABORATÓRIO ABERTO	159
5.7.1	Montagem do arranjo experimental	160
5.7.2	Problema	162
5.7.3	Hipótese	164
5.7.4	Testar Hipótese	165
5.7.5	Coleta e registro de dados	171
5.7.6	Conclusão	173
<b>6</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>176</b>

<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>179</b>
<b>APÊNDICE A – Termo de consentimento .....</b>	<b>182</b>
<b>APÊNDICE B – Termo de autorização de uso de dados e de imagem ...</b>	<b>184</b>
<b>APÊNDICE C – Termo de autorização para desenvolvimento da pesquisa na instituição.....</b>	<b>186</b>
<b>APÊNDICE D – Questionário de conhecimentos prévios.....</b>	<b>187</b>
<b>APÊNDICE E – Leitura de texto .....</b>	<b>192</b>
<b>APÊNDICE F – Questões da leitura de texto .....</b>	<b>200</b>
<b>APÊNDICE G – Demonstração investigativa .....</b>	<b>203</b>
<b>APÊNDICE H – Questões abertas.....</b>	<b>206</b>
<b>APÊNDICE I – Problema aberto .....</b>	<b>208</b>
<b>APÊNDICE J – Laboratório aberto.....</b>	<b>212</b>
<b>APÊNDICE L – Questionário de opinião .....</b>	<b>214</b>
<b>APÊNDICE M – Tabela com as datas de aplicação das atividades .....</b>	<b>215</b>
<b>APÊNDICE N – Produto educacional .....</b>	<b>216</b>



## 1 INTRODUÇÃO

É comum percebermos que a maior preocupação das escolas e de alguns professores em relação aos conteúdos curriculares tem sido se estes aparecerão em questões do PAEBES (Programa de Avaliação da Educação Básica do Espírito Santo). No caso da Física, isso implica na perda da oportunidade de discutir a relação que esta disciplina tem com a sociedade e o meio ambiente, formando assim cidadãos que não compreendem os fenômenos físicos à sua volta.

Nossos alunos estão num período de transformações constantes, conectados à internet com informações que circulam rapidamente e obtendo essas informações com alguns cliques.

A Lei nº 13.415/2017 institui o Novo Ensino Médio e deixa as coisas mais claras para o professor, e proporciona a transformação de sua postura, das instituições escolares e livros didáticos. Para dialogar com esse novo estudante que é mais ativo, ágil e protagonista, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) destaca que aprender vai além de conteúdos conceituais e coloca em destaque especial os processos e as práticas de investigação.

A abordagem investigativa deve promover o protagonismo dos estudantes na aprendizagem e na aplicação de processos, práticas e procedimentos, a partir dos quais o conhecimento científico e tecnológico é produzido. Nessa etapa da escolarização, ela deve ser desencadeada a partir de desafios e problemas abertos e contextualizados, para estimular a curiosidade e a criatividade na elaboração de procedimentos e na busca de soluções de natureza teórica e/ou experimental (BRASIL, 2018, p. 550).

Neste sentido, a proposta de ensinar um conteúdo de Física por meio de uma Sequência de Ensino Investigativo (SEI) na qual o aluno possa interagir com seus colegas e conhecer o mundo em que vive, contribui para a enculturação científica do aluno. Planejar uma sequência didática demanda tempo, pesquisa e criatividade, mesmo com acesso a material pronto, a adequação à realidade da sala de aula é sempre necessária. A sequência de ensino investigativo, como descrita por Carvalho (2014, p. 7), possibilita ao aluno a construção de habilidades argumentativas sobre o fenômeno em estudo, baseadas nas evidências geradas pelas atividades propostas.

## 1.1 OBJETIVOS

O ensino do fenômeno do magnetismo através da metodologia tradicional, limitado às aulas expositivas, pode dificultar o entendimento do aluno, cujo contato com o conteúdo fica restrito às figuras representadas em livros didáticos. O ensino por investigação, estruturado numa sequência de ensino investigativo, possibilita que o aluno formule argumentos para a prática discursiva e tenha contato com o conteúdo através de práticas investigativas.

A história por trás do experimento e sua contribuição para a evolução da física faz com que o aluno interaja com o objeto investigado, podendo trazer para sua realidade o que acreditam ser exclusivo de cientistas, que são vistos de forma isolada como gênios. Assim, o experimento estimula/transforma a maneira como o aluno enxerga a aprendizagem do tema magnetismo.

Assim, fixamos como objetivo geral: Elaborar, aplicar e avaliar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) para o ensino do magnetismo na 3ª série do Ensino Médio.

### 1.1.1 Objetivos específicos de ensino

1. Identificar os saberes dos alunos sobre magnetismo por meio de avaliação diagnóstica.
2. Aplicar uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) sobre fenômenos magnéticos.
3. Promover a verificação da existência de linhas de campo magnético por meio de uma demonstração investigativa.
4. Conceituar os efeitos da força magnética por meio de questões abertas.
5. Propor e observar uma investigação experimental na forma de um problema sobre magnetismo por meio de um laboratório aberto.
6. Levantar e discutir hipóteses em um laboratório aberto sobre campo magnético para a elaboração do plano de trabalho.

7. Montar e coletar dados durante o laboratório aberto de acordo com o plano de trabalho elaborado pelo grupo, por meio de um kit com fios, ímãs, clips e pregos.
8. Sistematizar com os alunos a passagem de dados coletados para a formulação matemática.

### **1.1.2 Objetivos específicos de pesquisa**

1. Desenvolver uma Sequência de Ensino Investigativa para o conteúdo magnetismo.
2. Compreender, por meio dos discursos, os sentidos referentes aos conceitos de magnetismo compartilhados pelos alunos em sala de aula.
3. Identificar, por meio das interações discursivas, atitudes e procedimentos desenvolvidos com os alunos em atividades investigativas.

## **1.2 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO**

Para organizar os resultados da pesquisa dividimos a dissertação em sete capítulos que iremos detalhar a seguir.

O da introdução, que destaca o tema pesquisado, o contexto do nosso estudo, e os objetivos geral e específicos.

O próximo capítulo apresenta os fundamentos teóricos em duas grandes seções: o ensino de Ciências por investigação e a Apreciação dos conhecimentos ao finalizar uma SEI. A primeira seção contempla o percurso histórico do movimento do ensino de Ciências por investigação, as principais orientações e os tipos de atividades intituladas investigativas. A segunda seção apresenta o acompanhamento e a ampliação da noção de conteúdo – os conceitos, os procedimentos e as atitudes.

Em seguida o capítulo que aborda os fundamentos da Física sobre o magnetismo, no qual apresentamos o aporte teórico sobre o campo magnético e as fontes do campo magnético utilizados na construção da nossa proposta didática.

O capítulo da Metodologia é dedicado ao percurso metodológico empregado neste estudo. Descrevemos o contexto escolar e os sujeitos da pesquisa, trazendo a posição de vulnerabilidade social da escola e discorremos sobre a construção da Sequência de Ensino Investigativa (SEI), bem como as etapas que a constituem; e, por fim, apresentamos a natureza da pesquisa, os materiais necessários para aplicação desta e os instrumentos de coleta de dados.

No capítulo sobre resultados e discussões, apresentamos os resultados obtidos nesta pesquisa. Por meio de transcrições dos materiais produzidos pelos alunos no decorrer das aulas, relatamos e analisamos cada etapa da SEI realizada. Discutimos também o papel da SEI na mudança de postura tanto do aluno quanto do professor, apontando uma nova relação entre esses atores.

Nas considerações finais, a partir das análises, procuramos retomar aos objetivos dessa pesquisa e apontar as contribuições desse estudo para a aprendizagem do tema magnetismo na Educação Básica através de estratégias investigativas de ensino.

## **2 FUNDAMENTOS TEÓRICOS PRESENTES NA INTERVENÇÃO DIDÁTICA**

### **2.1 INTRODUÇÃO**

A dificuldade de associar um problema a uma situação doméstica, por exemplo, faz o aluno questionar onde deve aplicar as fórmulas do conteúdo aprendido em sala de aula. O ensino com a metodologia tradicional fica limitado às aulas expositivas podendo dificultar o entendimento do aluno, cujo contato com o conteúdo restringe-se a figuras representadas em livros didáticos. Desta forma, o ensino por investigação, estruturado em uma sequência de ensino investigativo, vem com a possibilidade de que o aluno formule argumentos para a prática discursiva e tenha contato com o conteúdo através de experimentos.

Do avanço da tecnologia e do como interagir com o conteúdo a ser aprendido em sala de aula entende-se a necessidade de repensar a forma de ensinar. Assim, a abordagem investigativa, defendida a partir do século XIX em outros países, começou a ganhar força no Brasil a partir da década de 1970 com o cognitivismo, pois a “filosofia de Dewey até o coletivo de pensamento da comunidade acadêmica de ensino de ciências compreendesse a investigação como conteúdo e como metodologia de ensino” (RODRIGUES; BORGES, 2008).

Neste capítulo, quero entender, enquanto professora a inquietação sobre as teorias e os métodos de ensino que compõem uma aula ou uma sequência investigativa e, também, a motivação de professores e colaboradores na construção dessas teorias e métodos para fundamentar sua abordagem em sala de aula. O capítulo dividir-se em ensino por investigação contexto histórico e perspectivas atuais, e a sequência de ensino investigativo.

### **2.2 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO**

#### **2.2.1 Ensino de ciências por investigação e um contexto histórico**

“Quando falamos de Ensino de Ciências por Investigação, pretendemos sugerir imagens alternativas de aulas de ciências” (MUNFORD; LIMA, 2007, p. 92), bem

diferentes daquelas que ainda vemos em escolas, onde o mais comum é o professor no quadro com anotações seguidas de explicações sobre um conteúdo e os estudantes concentrados em anotar e ouvi-lo a dissertar sobre um determinado tópico de conteúdo.

[...] O emprego do termo ensino por investigação não é consensual entre os pesquisadores da área de ensino de ciências. Mesmo onde a proposta de ensino por investigação pode se dizer bem consolidada, em termos das diretrizes curriculares, como é o caso dos EUA, os pesquisadores destacam a existência de uma polissemia em relação ao sentido do termo investigação, bem como das inúmeras perspectivas diferentes de ensino por investigação. (SÁ; LIMA, 2011, pág. 80).

No século XIX, surgem as primeiras justificativas para a incorporação de aspectos da investigação científica nas salas de aula por meio do laboratório escolar (SÁ; LIMA, 2011) e a participação da educação em ciências estava iniciando mesmo que ainda pequena. Ao mesmo tempo era reivindicada o aumento da participação nas definições curriculares tanto na Europa, quanto nos EUA, junto a contemplação do objetivo que os estudantes a realizarem investigações científicas.

Ainda, no fim do século XIX, o filósofo norte-americano John Dewey contrapõe a Filosofia Ocidental, que para ele o pensamento não é um conjunto de impressões sensoriais, nem fabrica algo chamado “consciência”, e muito menos um “Espírito Absoluto” se manifesta por ele, e sim numa função mediadora e instrumental para servir aos interesses da sobrevivência e do bem-estar humano num processo de evolução. Para validar seus trabalhos mediante a experimentação estudava as consequências para a Pedagogia de seu instrumentalismo. Nesta teoria se destacava a “necessidade de se comprovar o pensamento por meio da ação que se quer transformada em conhecimento” (WESTBROOK, 2010, p. 14) em confronto com a prática educacional da época fundamentada em uma epistemologia dualista errônea que o convenciam que havia muitos problemas, onde se opõem mente e mundo, pensamento e ação.

Dewey também acreditava que o valor dos interesses reside na força que proporciona, não no sucesso que representa e, por isso, a eficácia da educação requer um educador que explore as tendências e os interesses para orientar o educando na busca de novos conhecimentos, local no pensamento onde se realiza a

síntese entre suas experiências e os conhecimentos apreendidos. E que a maioria dos educadores podem aprender a fazer sobre conhecimentos teóricos e práticos necessários para ensinar dessa maneira.

Então, podemos entender que a teoria educativa de Dewey está muito menos centrada no educando criança e mais no educador do que se pode pensar. A escola como a concebe, propõe ao educando um caráter democrático confiando menos nas “capacidades espontâneas e primitivas da criança” (WESTBROOK, 2010, p. 21) do que na predisposição dos educadores para criar uma aula com um ambiente adequado convertendo-as em hábitos sociais.

É no início do século XX que John Dewey, como membro da Associação Americana para o avanço da Ciência (AAAS), ataca com críticas o ensino como transmissão de informações, sustentando a ideia de que a ciência é mais do que um corpo de conhecimentos a ser aprendido e que deveria implicar na aprendizagem de processos ou métodos usados nas ciências (SÁ; LIMA; AGUIAR JR., 2011).

Nesse aspecto, é possível uma relação entre a pedagogia de Dewey e as ideias de Vygotsky (ZOMPERO; LABURU, 2011), já que os dois defendem elementos sociais na aprendizagem. Vygotsky considera que “o uso da fala representa a necessidade de interação social e comunicativa da criança que, construída numa dinâmica social e histórica, possibilita a sua compreensão do mundo” (GHEDIN, 2012, p. 141), como também considera o funcionamento do uso de instrumentos um meio simbólico de resolução de problemas.

Entende que a vida é um trabalho criativo e, ao ser transformada neste processo criativo, o indivíduo atinge novos níveis de insight e de compreensão (SHROEDER; FERRARI, 2009) e o lugar onde podemos encontrar os cenários adequados para as relações interpessoais que se estabeleçam e promovam o desenvolvimento intelectual dos estudantes para a apropriação dos significados socialmente e historicamente produzidos, é a escola.

Para o pesquisador, seria um erro desvalorizar as experiências pessoais dos estudantes por parte dos professores, pois cabe ao professor organizar meios para os conhecimentos que se fazem através da própria experiência do aluno.

Acrescentando ainda que o processo de educação se apoia na atividade pessoal do aluno e ao educador consiste a arte de orientar e regular essa atividade. “Assim, de acordo com o raciocínio Vygotskyano, a colaboração sistemática entre o professor e o estudante é que propiciará o amadurecimento das funções psicológicas superiores” (SHROEDER; FERRARI, 2009, p. 11) e como consequência o desenvolvimento intelectual do estudante, pois para Vygotsky todo o processo de desenvolvimento psicológico do conteúdo central e fundamental se constitui pela mudança da estrutura funcional da consciência.

Assim, na primeira metade do século XX um movimento pela supervalorização do domínio do conhecimento científico em relação às demais áreas do conhecimento humano (SANTOS, 2007), a educação científica, teve seu objetivo principal voltado para os valores sociais (ZOMPERO; LABURU, 2011).

“A perspectiva de ensino de ciências por investigação somente ganhou forças na segunda metade do século XX” (SÁ; LIMA, 2011, p. 81) e para estabelecer a visão da educação científica teve uma voz influente, o educador Joseph Schwab. O ensino e a aprendizagem da ciência, para ele, deveriam refletir o modo de compreender os conhecimentos científicos porque a ciência era constituída, tanto por estruturas conceituais, quanto por procedimentos que foram construídos e revisados ao longo da história (SÁ; LIMA, 2011).

Schwab também assinala que os professores deveriam apresentar a ciência como investigação e os alunos, utilizar processos de investigação para aprender ciências. Nessa direção, esse autor recomendava que os professores dessem atenção ao laboratório e usassem experiências para conduzir suas aulas, antes de introduzir uma explicação formal de conceitos e princípios científicos. (SÁ; LIMA, 2011, p. 81)

O cognitivismo em ascensão, a partir da década de 1970, fez com que a influência dessas ideias fosse apontada na educação. Além disso, as ideias progressistas destacam a importância das interações socioculturais para a aprendizagem como outro aspecto relevante a ser considerado (ZOMPERO; LABURU, 2011). Possibilitando, assim, a relação entre a pedagogia de Dewey e as ideias de Vigotsky para defender os elementos sociais na aprendizagem.



Ainda na década de 1970, com o reconhecimento de que o meio ambiente não era fonte inesgotável de recursos e a ação de aproveitamento da natureza também não era infinita, o Ensino de Ciências novamente se preocupa em propor uma educação abordando os aspectos sociais relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico (ZOMPERO; LABURU, 2011). Essa abordagem começa na Grã-Bretanha, desenvolvendo-se pela década de 1980 para a discussão de ideias alcançando práticas pedagógicas que envolvia textos, currículos e processos de avaliação.

Podemos observar resumidamente, o coletivo de pensamento da educação científica no século XX com a apresentação de métodos gerais a serem aplicados a diferentes problemas e contextos que poderiam ser estudados em sala difundidos por Dewey e outros educadores do início do século XX. No século passado, localizamos o momento histórico que essa visão predominou, pois começa com a guerra fria e a corrida armamentista entre o bloco ocidental liderado pelos Estados Unidos e o bloco liderado pela União Soviética, no qual os neoprogressistas dos anos 70 e 80 apoiam a posição da educação científica dos idealizadores dos anos 50 e 60 das reformas educacionais que ocorreram com as diferentes disciplinas que tinham como bandeira o compromisso com o rigor acadêmico e a herança científica (RODRIGUES; BORGES, 2008).

O status da educação científica nos Estados Unidos no final dos anos 1970 e começo dos anos 1980 foi sintetizado a um conjunto de levantamentos, avaliações e estudos de caso que revelou que a comunidade de pesquisadores da educação científica estava utilizando o termo “investigação” de diversas formas (RODRIGUES; BORGES, 2008). Esse projeto foi financiado pela Fundação Nacional da Ciência (NSF) americana a qual verificou que o termo tanto se referia a investigação como ao conteúdo, quanto como técnica de instrução, não ficando claro seu significado. Muitos professores aceitavam positivamente o valor da investigação no ensino do conteúdo e, também apresentavam razões para não a utilizar como técnica de instrução, tais como os problemas em coordenar a turma ao introduzir um conteúdo ou guiar experimentos. Ainda alegavam a dificuldade em atender as demandas das tarefas, como por exemplo, os problemas com os equipamentos e os materiais necessários à segurança dos alunos além de mais dúvidas quanto ao cumprimento

do que foi planejado. Os questionamentos não são muito diferentes do que ocorrem nos laboratórios tradicionais de ciências.

Durante os anos 1980, a comunidade de educadores e pesquisadores do ensino de ciências, numa espécie de consenso, possibilita a diferença entre os termos “ensino como investigação” de “ensino por investigação”, em que a primeira se refere a conhecimentos sintáticos e a segunda como prática de ensino por investigação. Assim, passa a agregar o aspecto cultural do conhecimento científico ao ensino por investigação pela comunidade acadêmica, necessária para o ensino de ciência entre conhecimentos sobre história e filosofia da ciência numa relação direta com o entendimento sobre a natureza da ciência.

O objetivo era conjugar os aspectos culturais, disciplinares e intelectuais, bem como a habilidade de aplicar o conhecimento científico na resolução de problemas relevantes para o estudante ou para a sociedade. O ensino por investigação tinha todo este papel que incluía ainda a capacidade de motivar o estudante e toda esta tendência era mantida embaixo do guarda-chuva da alfabetização científica (RODRIGUES; BORGES, 2008, p.10).

O ensino de ciências por investigação é motivo de interesse em diversas pesquisas no Brasil. Começou a ser debatido amplamente nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (1998) a partir da “publicação dos documentos que orientaram a reforma da educação em ciências nos Estados Unidos” (RODRIGUES; BORGES, 2008, p. 10).

### **2.2.2 Ensino por investigação**

Ao longo do século XX a educação experimenta trocas expressivas em sua reforma acompanhando de perto as modificações que aconteceram em nossa sociedade.

A escola, com a finalidade de levar os alunos da geração atual a conhecer o que já foi historicamente produzido pelas gerações anteriores, também foi atingida por tais mudanças sociais. Durante muitos anos esses conhecimentos, pensados como produtos finais, foram transmitidos de maneira direta pela exposição do professor. Transmitem-se os conceitos, as leis, as fórmulas. Os alunos replicavam as experiências e decoravam os nomes dos cientistas (CARVALHO, 2013, p. 1).

Diante disso, o ensino de ciências coloca professores e alunos numa posição desafiadora, e mudar a visão do aluno quanto à ciência passa ser o maior deles, além de inserir esse aluno no mundo científico e habituado com sua linguagem. Esse aluno deve ser capaz de traduzir o mundo pela visão científica de modo que a ciência inserida em seu dia a dia faça parte também de sua vida, de sua cultura e de seu cotidiano. Neste sentido, os apoiadores do ensino por investigação visam à alfabetização científica, pois compreendem essa capacidade como estratégia que promove a percepção da natureza da ciência e cria ações na resolução de problemas autênticos possibilitando a aplicações do conhecimento.

Diferenciar o que se aprende na escola de seu cotidiano traz ao professor o desafio de oferecer a nossos alunos esses conhecimentos e tecnologias. Nesse momento formar cidadãos para o mundo atual se faz necessário, para trabalharem, viverem e intervirem na sociedade, de maneira crítica e responsável, em decisões que estão atreladas a seu futuro, da sociedade e do planeta (CARVALHO, 2010).

O professor precisa se perguntar quanto aos aspectos ligados ao planejamento e à elaboração curricular por que e para quem ensinar física? E numa perspectiva histórica, um grande marco em relação ao currículo pode ser fincado com o lançamento do satélite russo, o Sputnik, no final da década de 1950. Nessa corrida para atingir o primeiro lugar os EUA tiveram por objetivo formar cientistas e engenheiros com projetos para despertar o interesse dos alunos para as Ciências e Engenharias. Muitos desses projetos tinham como marca registrada a conceitualização, com ênfase a parte experimental convidando os alunos a resolver problemas e a investigar situações científicas (CARVALHO, 2010).

A adoção de projetos para o ensino de Ciências por outros lugares mobilizou profissionais da área para planejar propostas próprias como aconteceram, por exemplo, com a Inglaterra e o Brasil. Seguindo ideias similares, o Brasil, devido ao contexto sociocultural, realizou adaptações e reformulações para se adequar à nossa realidade. Algumas escolas adotaram esses projetos que contribuíram com as diretrizes para concretizar um currículo, mas, na maioria das vezes, os materiais didáticos usados em muitas escolas brasileiras traziam uma concepção de ensino tradicional que vinha regulando o planejamento do currículo. Sem a preocupação de

relacionar dimensões que perpassam pela área de estudo e serem fonte de auxílio para preparação de aula para orientação ou até mesmo definição do currículo.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 1996, trazem como objetivos centrais planejados para a Educação Básica: a formação geral do cidadão e a sua preparação para o trabalho. Na formação do indivíduo, como cidadão, permite atuar na sociedade contemporânea que se espera, desenvolver competências e habilidades que implicam em possibilidades que ele compreenda, intervenha, investigue e participe de discussões que envolvam sua realidade (CARVALHO, 2010).

Na mesma década, são publicados os Parâmetros Curriculares Educacionais (PCNs) com orientações com aspectos conteudistas, metodológicos e epistemológicos a serem consideradas na elaboração e planejamento de currículos e cursos. Delineado pela LDB os PCNs propõem para compor os currículos escolares duas linhas que são a Base Curricular Nacional e Parte Diversificada. Esse documento contém muitas considerações importantes e uma delas é a apresentação da ideia de competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes como parte dos objetivos que esperamos alcançar com a formação geral (CARVALHO, 2010), de forma crítica e participativa na sociedade atual. Muitas competências e habilidades para cada uma das disciplinas podem ser encontradas nos PCNs e dividida em três grandes blocos que são: Representação e Comunicação; Investigação e Compreensão; e Contextualização Sociocultural.

Assim, a Física tem por objetivo formar cidadãos atuantes, participativos para viver na sociedade atual, sendo isso uma especificidade da disciplina que se encontra em amplo desenvolvimento. As teorias, modelos e explicações apresentadas por cientistas de nacionalidades diversas e o desenvolvimento da tecnologia associada aos conhecimentos gera, muitas vezes, a formulação de novas proposições.

Trabalhar Ciências em sala de aula deve privilegiar não apenas os produtos trazidos pela comunidade científica, mas também o processo pelo qual se chega a tais produtos e o entorno dessa produção (SASSERON; MACHADO, 2017). E, assim, traçar objetivos específicos para as turmas trabalhadas que exija o conhecimento de

aspectos sociais e culturais em concordância com a realidade dos alunos e o tema trabalhado. Desenvolver a racionalidade crítica permite a participação dos alunos em discussões referentes a problemas do seu entorno, percebendo a relação dos temas discutidos com sua vida e também como os problemas do seu cotidiano podem ser resolvidos por meio dos saberes trabalhado em sala de aula. Essas ideias circundam a Alfabetização Científica (AC) que é proposto como objetivo de ensino das disciplinas científicas.

Alfabetizar cientificamente os alunos significa oferecer condições para que possam tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científicos. Mas é preciso esclarecer que a tomada de decisão consciente não é um processo simples, meramente ligado à expressão de opinião: envolve análise crítica de uma situação, o que pode resultar, pensando em Ciências, em um processo de investigação (CARVALHO, 2019, p. 45).

O desenvolvimento das competências e das habilidades deve se dar em processo contínuo durante a formação do estudante (CARVALHO, 2010). Assim, a alfabetização científica promovida em sala de aula como atividade sequencial e constante proporciona espaço, oportunidades e possibilidades para apresentar conceitos científicos aos alunos que possam trabalhar, investigando problemas e construindo relações de seu cotidiano com as novas informações que o trabalho na escola lhe proporciona.

[...] não há expectativa de que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm idade, nem conhecimentos específicos nem desenvoltura no uso de ferramentas científicas para tal realização. O que se propõe é muito mais simples – queremos criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, [...] , se alfabetizando cientificamente (CARVALHO, 2019, p. 9).

Assim, as Sequências de Ensino Investigativas (SEI), isto é, sequências de atividades (aulas) que envolvem um tópico do plano de ensino, planejando o material e suas interações didáticas, proporcionando aos alunos trazerem seus conhecimentos prévios e iniciarem os novos, valorizando suas ideias discutindo-as com seus colegas e o professor passando dos conhecimentos espontâneos aos científicos, compreendendo conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. As atividades investigativas podem ser implementadas em sala de aula, começando

“por um problema, experimental ou teórico, contextualizado que introduz os alunos no tópico desejado” (CARVALHO, 2019, p. 9) oferecendo condições para pensarem e trabalharem com as variáveis importantes do fenômeno científico central do conteúdo programático.

### **2.2.3 A Sequência de Ensino Investigativa (SEI)**

O ensino envolvendo atividades por investigação no Brasil é abordada a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais (1998) e ganha mais lugar nos currículos pelos “objetivos de levar os estudantes a realizarem investigações e de desenvolverem entre eles um entendimento sobre o que seja a investigação científica” (SASSERON, 2015, p. 58).

Assim, o desenvolvimento de ideias que possam culminar em leis e teorias e construção de modelos, são condições oferecidas pela investigação em sala de aula, toma-se o ensino por investigação como associado ao trabalho do professor e não apenas a uma estratégia específica. Nesse contexto, o ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática, podendo, portanto, estar vinculado a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor (SASSERON, 2015).

As autoras Carvalho e Sasseron (2010) e seus colaboradores iniciaram o trabalho de desenvolvimento da SEI com objetivo central de permitir que a investigação em sala de aula passasse a fazer parte de um processo maior, uma vez que, anteriormente, serviam apenas como elemento motivador ou demonstrativo, sem que existisse a preocupação que pudessem figurar como uma ferramenta auxiliar de aprendizagem.

No trabalho “O Uno e o diverso na educação”, publicado em 2011, Carvalho discorre sobre pontos importantes para formular uma SEI, que são: a importância de um problema para um início da construção do conhecimento; a ação manipulativa para a ação intelectual; a importância da tomada de consciência de seus atos para a construção do conhecimento e as diferentes etapas das explicações científicas.

Esse é um ponto fundamental que retiramos das leituras dos trabalhos piagetianos: sempre eram propostas questões para que o indivíduo organizasse seu pensamento. Esse ponto – a importância do problema como gênese da construção do conhecimento - também está presente nos trabalhos de Bachelard (1938), quando ele propõe que “todo conhecimento é a resposta em questão (CARVALHO, 2011, p. 255).

Para a autora, o problema é considerado o gênese da construção do conhecimento, para respondê-lo é preciso todo conhecimento adquirido e a oportunidade de elaborar a passagem de ação manipulativa para a ação intelectual construindo “novas hipóteses e vice-versa, isto é, da ação intelectual para a construção de novas hipóteses que levarão a uma ação manipulativa mais diferenciada” (CARVALHO, 2011, p. 256).

No planejamento dessas atividades, o problema é o material didático que dará suporte para resolvê-las, pois ambos devem ser organizados ao mesmo tempo, uma vez que, um depende do outro (CARVALHO, 2017).

É claro, por exemplo, que na escola cabe aos alunos o papel de aprendizes e ao professor, o dever de instruir. Técnicas, métodos, atividades, práticas são todos realizados na expectativa de que a instrução possa gerar aprendizagem. Ao mesmo tempo, técnicas, métodos, atividades e práticas buscam avaliar os resultados obtidos pela interação realizada (SASSERON, 2015, p. 54).

Cabe ao professor propor questões que levem os alunos à tomada de consciência de como agiram para resolver o problema, com discussões até chegar às explicações do fenômeno estudado, tornando-se um agente ativo no processo de conceitualização do conteúdo. É muito importante a ajuda do professor nessa comunicação. É ele quem garantirá que os termos usados na linguagem coloquial para entendimento do aluno precisam ser trabalhados para uma linguagem científica e que eles possam perceber a oportunidade de expressar essa linguagem científica também em fórmulas matemáticas.

As atividades investigativas proporcionam aos alunos a prática de discussão sobre o que está se investigando. A valorização da construção social do conhecimento, que se reflete na argumentação entre os alunos (CARVALHO, 2014) e, o planejamento destas poderão levá-los a ultrapassar as concepções espontâneas. O mais importante no planejamento é a interação, nesse processo acontecerá a

oportunidade de manifestar seu esquema formado anteriormente sobre o assunto por meio da argumentação e reformulação se caso necessário.

Para organizar uma sequência investigativa, CARVALHO (2014) propõe atividades nas quais a principal diretriz é o grau de liberdade dado ao aluno, como: como textos históricos, experiências de demonstrações investigativas, laboratório aberto, aulas de sistematização ou textos de apoio, questões e problemas abertos e recursos tecnológicos.

### 2.2.3.1 Textos históricos

Com textos históricos busca-se desmistificar a imagem do cientista masculino e isolado de um contexto social e histórico e a própria ciência que é apresentada neutra às questões sociais, tecnológicas e ambientais sem se relacionar com o cotidiano. A História da Ciência pode ser uma maneira de se criar visões mais contextualizadas sobre o que é trabalho científico e se combater as visões inadequadas que se apresentam sobre este conhecimento (CARVALHO, 2014).

É importante que o professor esteja a par do desenvolvimento e da evolução da ciência, como seus obstáculos e dificuldades, compreendem a complexidade de seus alunos entenderem conceitos ensinados e, a partir disso, adotar estratégias que promovam o desenvolvimento de habilidades que envolvam três componentes para centralizar a aprendizagem, a saber: a tarefa, o trabalho em grupo e o compartilhamento das ideias.

### 2.2.3.2 Demonstração investigativa

A demonstração investigativa trata-se da investigação de um fenômeno em que o professor apresenta enquanto os alunos observam para refletir o que está vendo e com isso buscarem a explicação no modelo teórico.

A demonstração investigativa deve apresentar não só o fenômeno em si, mas criar oportunidade para a construção científica de um dado conceito ligado a esse fenômeno (CARVALHO, 2014) e, para isso, o professor desmonta o papel de



detentor do saber e torna-se um orientador em sala de aula planejando a demonstração investigativa na busca de uma questão problematizadora.

A mudança de postura tradicional propicia ao professor a compreensão como se constrói o conhecimento com seus alunos, e o aluno, por sua vez, sai da posição passiva e passa a interagir com a construção de suas atitudes e o desenvolvimento de habilidades, ao fazer hipóteses e defendê-las perante o grupo da sala de aula, utilizando a teoria aprendida como justificativa de suas ideias.

O professor propõe um problema à classe e a partir de questões feitas aos alunos pode entender se é intuitivo ou senso comum o pensamento que possuem sobre o assunto.

“Após as discussões e reflexões, é a vez do professor formalizar as explicações dadas ao fenômeno preocupando-se em enfatizar como a ciência o descreve e, algumas vezes, quando necessário, chegando às representações matemáticas que o expressam” (CARVALHO, 2014, p. 51). Assim, o papel do professor será de construir com os alunos essa passagem do saber cotidiano para o saber científico, por meio do questionamento sobre o fenômeno através da investigação.

#### 2.2.3.3 Questões abertas

Diferentes dos exercícios dados ao final da explicação de um conteúdo, as questões abertas são atividades que propõem ao aluno uma atitude ativa e autoral, para elaborar raciocínios apresentando respostas pela verbalização e pela escrita, trocando e justificando suas ideias. “São questões em que procuramos propor aos alunos fatos relacionados ao seu dia a dia” (CARVALHO, 2014, p. 89), situações que permitem sua participação que, além de desenvolver sua habilidade reflexiva, estrutura o seu pensamento na linguagem científica discutida e construída anteriormente.

Durante a realização da atividade o professor deve ficar sempre atento às respostas dos alunos, incluindo no processo as que estão erradas, questionando para que o aluno perceba que sua participação é valorizada e que vai ao encontro de uma

resposta desejada. Carvalho (2014) apresenta três modos que elas podem ser aplicadas: em grupo grande; em dupla ou em grupos pequenos de três ou quatro alunos em prova e avaliações. A autora também menciona os alunos ou grupos de alunos que não se interessam em responder e assim precisam da cobrança do professor para não se perderem na atividade proposta. Além disso, segundo a autora, é interessante também a retomada das questões na aula seguinte, até como forma de recuperação contínua para os que não conseguiram responder prontamente.

#### 2.2.3.4 Problemas abertos

O problema aberto é um tipo de atividade de lápis e papel; por isso, pode ser comparado aos exercícios que os alunos comumente resolvem em sala de aula (SASSERON, 2017). A diferença está no enunciado da proposta, pois o que determina o desempenho dos alunos são as ações para encontrar resultado.

A resolução de um exercício tradicional é obtida de forma imediata e automática, pois o “enunciado traz informações e dados muito bem descritos de modo que a interpretação direta do texto” (SASSERON, 2017, p. 69) indica as ações para obter a resposta esperada que geralmente é única e de conferência exata.

O problema aberto, o próprio nome sugere, apresenta uma situação problemática aberta, como dados e informações não são oferecidos, o processo de resolução é definido pelas condições de contorno e análise para estabelecimentos de propostas iniciais. A variedade de respostas e a validade delas devem ser sujeitas à investigação.

A resolução de problemas abertos é uma atividade que demanda tempo. Pensando nisso Carvalho (2014, p. 104) lista diversos pontos que podem nos ajudar:

- I. Considerar uma situação problemática de interesse de seus conhecimentos prévios e mais positiva em relação à Ciência/Tecnologia/Sociedade.
- II. Abordar e definir o problema evidenciando o que se considera importante para começar por um estudo qualitativo da situação.
- III. Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais pode depender a grandeza buscada.

- IV. Elaborar e explicar possíveis estratégias de resolução, antes de proceder a esta, evitando o puro ensaio e erro.
- V. Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz.
- VI. Analisar os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em particular, dos casos limites considerados.
- VII. Considerar as perspectivas abertas pela investigação realizada.
- VIII. Elaborar um registro que explique o processo de resolução.

Assim, o objetivo é promover o interesse do aluno pela situação problema que envolve Ciência/Tecnologia/Sociedade em que os alunos “vão enfrentar primeiro de uma forma qualitativa, buscando elaborar hipóteses, identificar situações de contorno e limites de suas hipóteses” (CARVALHO, 2014, p.105). Os números não demonstrados com clareza desenvolverão a criatividade e a ordem de pensamento do aluno, quando ele verbalizar as estratégias de resolução por argumentações fundamentadas. A resolução se dá, analisando os resultados obtidos no confronto de hipóteses com as condições de contorno estudadas.

O registro de todo o processo é importante para a apropriação do conhecimento. A função do professor durante a discussão é conduzir o raciocínio dos alunos, fazê-los pensar e avaliar as diferentes situações (CARVALHO, 2014).

#### 2.2.3.5 Laboratório aberto

Nas aulas em um laboratório tradicional, geralmente, os alunos seguem um roteiro sem a tomada de decisão, relacionando qualquer resultado diferente do esperado como fracasso. Borges (2002) cita a pouca efetividade do laboratório tradicional nas mudanças das concepções espontâneas dos alunos, por exemplo, em alguns laboratórios podemos encontrar equipamentos muito longe da realidade dos alunos, resumindo-se a excessivas observações causando prejuízos à imaginação e ao conhecimento prévio. Assim, o laboratório tradicional faz com que professores e alunos fiquem com a falsa impressão que as atividades práticas se assemelham às atividades experimentais feitas por cientistas num laboratório de pesquisa.

[...] O cientista passou anos de sua vida estudando uma determinada área da ciência e quando se prepara para realizar um experimento ou conjunto de experimentos, ele o faz para resolver um problema que o interessa, e para o qual pode estar buscando uma solução há muito tempo. (Borges, 2002, p. 297)

Por outro lado, o laboratório aberto propõe uma investigação experimental, em grupo, na qual pretende-se resolver um problema. O objetivo do laboratório aberto é relacionar a estrutura matemática com as variáveis encontradas.

Os níveis de investigação no laboratório de ciências proposto por Borges (2002, p. 306) para relacionar o problema e procedimentos às conclusões tiradas a partir dos resultados são dados no Quadro 1.

Quadro 1 - Os níveis de investigação no laboratório de ciências proposto por Borges (2002, p. 306).

<b>NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO</b>	<b>ENUNCIADO DO PROBLEMA</b>	<b>PROCEDIMENTOS</b>	<b>CONCLUSÕES</b>
0	Dado	Dados	Dadas
1	Dado	Dados	Em aberto
2	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: Borges (2002).

No nível 0, considerado o laboratório fechado onde é entregue um roteiro com o enunciado, procedimentos “e aquilo que se deseja observar/verificar, ficando a cargo dos estudantes coletar dados e confirmar ou não as conclusões” (BORGES, 2002, p. 305). No nível 1, com o roteiro é dado o enunciado e como proceder e cabe ao aluno obter suas próprias conclusões (CARVALHO, 2014). No nível 2 de investigação, que Carvalho (2014) chama de Laboratório Aberto, um problema é proposto a grupos de alunos que decidem quais procedimentos irão buscar para resolver e obter as conclusões. E o nível 3 se trata do “mais aberto de investigação onde o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões” (BORGES, 2002, p. 305).

Para Borges (2002) essas etapas acontecem ao mesmo tempo e de forma recursiva o autor alerta que não esperamos reconhecer nitidamente as etapas e nem progresso e autonomia nos alunos, quando estão trabalhando para resolver problemas e desafios.

Quando estamos no laboratório observando os alunos, podemos subdividir o ‘procedimento’ e as conclusões em etapas menores. Dentro do

‘procedimento’, podemos observar quando os alunos ‘levantam hipóteses’, ‘elaboram o plano de trabalho’, ‘montam os arranjos experimentais e coletam os dados’. Para chegar às ‘conclusões’, os alunos precisam passar pela etapa de análise dos dados’ (CARVALHO, 2014, p. 73).

As aulas em um Laboratório Aberto são construídas se o professor oferecer liberdade intelectual nas etapas da aula do laboratório. A primeira etapa: a proposta de um problema experimental é, sem dúvida alguma, a função do professor (CARVALHO, 2014). Na segunda etapa: são os alunos trabalhando em grupo sem interferência do professor. A terceira etapa: os alunos expõem para a classe como resolveram o problema. E a quarta etapa: o aluno individualmente escreve seu relatório. Nessa etapa, ele mostra o que entendeu em cada procedimento por meio da linguagem escrita e da argumentação na construção do conceito.

#### 2.2.3.6 Sistematização do conhecimento

Para reforçar o que foi apresentado na demonstração investigativa ou laboratório aberto é interessante o professor sistematizar os conhecimentos construídos por meio de uma aula teórica interativa, organizando o conceito trabalhado no experimento, “fazendo a passagem das relações qualitativas entre as variáveis para a sistematização em uma fórmula” (CARVALHO, 2014, p. 83).

Os alunos precisam de ajuda para a transição dos relatórios de uma experiência para a linguagem matemática e o professor, com o papel de orientador, introduz conceitos físicos e matemáticos, para a tradução da linguagem falada, que expressavam as hipóteses para a linguagem científica.

Diferente de uma aula dada no ensino tradicional que precisa de um tempo curto para a exposição do conteúdo, no ensino por investigação, a sistematização do conhecimento necessita de um tempo maior e ela cria oportunidade para os alunos construírem a compreensão de uma das partes mais difíceis do ensino de Física: a relação entre a Física e a Matemática (CARVALHO, 2014).

### 2.3 APRECIÇÃO DOS CONHECIMENTOS AO FINALIZAR UMA SEI: AVALIAÇÃO

O acompanhamento do processo de ensino e aprendizagem é necessário e deve ser permanente para perceber progressos, dificuldades e assim “reorientar o trabalho para as correções necessárias” (LIBÂNEO, 1992, p. 195). Os aspectos quantitativos e qualitativos pela coleta de dados, no decorrer do processo, tanto para o professor como para os alunos, levam a reflexão para o nível de qualidade que se pretende do aproveitamento escolar.

Zabala (1998) ressalta que para muitos a avaliação é uma forma prioritária ou exclusiva para os resultados alcançados pelos alunos, onde os objetivos previstos são como alvos a serem alcançados e a avaliação um instrumento ou processo para sancionar e qualificar em que o sujeito da avaliação é o aluno somente e o objeto da avaliação “são as aprendizagens realizadas segundo certos objetivos mínimos para todos” (ZABALA, 1998, p. 195).

Com isso, diferentes países e grupos de educadores manifestaram inquietação por meio das reformas educacionais, ao proporem estudos sobre a avaliação que vão além de valorizar os resultados obtidos pelos alunos. Aparecendo dimensões no processo avaliativo como progresso pessoal, processo coletivo de ensino/aprendizagem, etc. para definir a avaliação, as vezes equivocada, em que sujeitos e objetos de estudos aparecem confusos e indeterminados. Neste caso o sujeito da avaliação pode ser o aluno, o grupo ou a sala, inclusive professores. E em contraponto, o objeto de avaliação pode ser o método ou os resultados obtidos, outras vezes a intervenção do professor.

Numa concepção do ensino centrado na seleção dos alunos mais preparados para continuar a escolarização até os estudos universitários, é lógico que o sujeito de avaliação seja o aluno e que se considerem objeto da avaliação as aprendizagens alcançadas em relação às necessidades futuras que foram estabelecidas - as universitárias. Desta forma se dá prioridade a uma clara função sancionadora: qualificar e sancionar desde pequenos aqueles que podem triunfar nesta carreira até a universidade (ZABALA, 1998, p. 197).

Para Zabala (1998), essa não é a função social do ensino e que para a formação integral aconteça se leva em consideração o desenvolvimento de todas as capacidades da pessoa e não apenas a cognitiva, onde a formação integral seja finalidade principal de ensino. Para isso, os conteúdos de aprendizagem avaliados, trilhados à universidade serão concomitantes aos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que também “promovam as capacidades motoras, de

equilíbrio e de autonomia pessoal, de relação interpessoal e de inserção social” (ZABALA, 1998, p.197) o que implica outro olhar para a avaliação, que agora não é mais seletiva e nem consiste em superar suas dificuldades e sim a oportunidade de desenvolver o máximo possível o nível de capacidade do aluno.

A dificuldade não está em conseguir que o máximo de alunos acesse a universidade, mas desenvolver o máximo de suas capacidades principalmente aquelas necessárias para tornarem-se bons profissionais. Nestas condições, as capacidades previstas precisam ser consideradas no que envolvem mudanças na construção da avaliação como: conteúdos, transparência e organização sobre o que foi aprendido; complexo e contrário ao abordado que é estritamente quantitativo. Assim, segundo Zabala devemos levar em consideração as mudanças que “se referem a valorações e indicadores personalizados que raramente podem se traduzir em notas e qualificações clássicas” (ZABALA, 1998, p. 198).

Avaliar é uma atividade intrínseca e indissociável a qualquer tipo de ação que vise provocar mudanças. Nesse sentido a avaliação é uma atividade constituinte da ação educativa, quer refiramos à avaliação do projeto educativo, avaliação do ensino ou à avaliação da aprendizagem (DARSIE, 1996, p. 48).

Carvalho (2019) evidencia que as sequências de ensino investigativo são formadas por ciclos e ressalta a importância de planejar avaliações ao final de atividades ou de ciclos.

[...] No entanto, não deve ter o caráter de uma avaliação somativa, que visa a classificação dos alunos, mas sim, uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professores confirmem se estão ou não aprendendo (CARVALHO, 2019, p. 18).

As mudanças centradas na formação integral da pessoa como finalidade de ensino para Zabala (1998) implicam nos conteúdos e na avaliação. Na concepção construtivista, o sujeito da avaliação deixa de ser o aluno para ser a equipe envolvida no processo. Neste momento, ela não apenas é análise de resultado e se torna um processo que tem como primeira fase conhecer “o que cada um dos alunos sabe, sabe fazer e é, e o que pode chegar a saber, saber fazer ou ser, e como aprendê-lo” (ZABALA, 1998, p. 200).

A primeira fase é denominada como avaliação inicial e relacionam objetivos e conteúdos de aprendizagem, estabelecendo quais atividades favorecem a aprendizagem. A adaptação para as novas necessidades que se apresentam pode denominar avaliação reguladora. Assim, conhecer como cada aluno aprende no decorrer do processo, é o que alguns educadores chamam de avaliação formativa. O termo formativo na proposta é a mudança e a melhora contínua do aluno avaliado. Nesta segunda fase, as atividades permitem que cada aluno atinja os objetivos previstos legitimando, assim, as atividades realizadas. A terceira fase é conhecer quais resultados alcançados utilizam os termos avaliação final ou avaliação somativa, Zabala (1998) prefere os termos avaliação final e avaliação somativa ou integradora, para diferenciar os resultados obtidos da análise do processo seguido pelo aluno. Assim, podemos entender a avaliação somativa ou integradora como

[...] um informe global do processo que, a partir do conhecimento inicial (avaliação inicial), manifesta a trajetória seguida pelo aluno, as medidas específicas que foram tomadas, o resultado final de todo o processo e, especialmente, a partir deste conhecimento, as previsões sobre o que é necessário continuar fazendo ou o que é necessário fazer de novo (ZABALA, 1998, p. 201).

Darsie (1996) compreende que no projeto educativo a avaliação é como uma ação intencional impulsionando a aprendizagem, um instrumento de reflexão transformada em ação. Então, a ação de avaliar precisa de avaliação “para que a mesma possa renovar-se constantemente diante das novas situações de aprendizagem” (DARSIE, 1996, p. 49). Carvalho (2019) também cita avaliação de conceitos e avaliação das atitudes que os alunos exibem durante as atividades das SEI.

Carvalho (2019) afirma que para haver mudança de postura do professor, exigida pelo processo relacionado às formas de avaliar a aprendizagem de seus alunos, é essencial que ele preste atenção na sua turma, nas ações e nos resultados acontecidos e obtidos por ela. Para acompanhar o desempenho dos alunos, é importante que o professor utilize como instrumento de avaliação suas observações e seus registros.

Como já comentamos, as capacidades definidas nos objetivos educativos são o referencial básico de todo processo de ensino e, portanto, da avaliação. Mas também é preciso ter presente que os conteúdos de aprendizagem, sobretudo no próprio processo de ensino/ aprendizagem, e



concretamente em cada uma das atividades ou tarefas que o configuram, são o referencial funcional para avaliar e acompanhar os avanços dos meninos e meninas (ZABALA, 1998, p. 202).

Os professores, segundo Carvalho (2019), não têm dificuldade na construção de instrumentos para avaliar os conteúdos conceituais que é uma tradição no ensino. Zabala (1998) ao discorrer sobre processo de avaliação, afirma que uma escola que utiliza conteúdos conceituais, em especial os factuais, para valorizar o conhecimento, em geral restringe os instrumentos avaliativos às provas de papel e lápis. Ou seja, o professor deve buscar uma forma bem diferente para obter os resultados, quando se trata de conteúdos conceituais ou procedimentais e a maior dificuldade é quando os conteúdos atitudinais são avaliados. Por isso, Carvalho (2019) ao propor avaliações nas SEI com foco na aprendizagem conceitual, cita o planejamento das formas de questionar, construir painéis, cruzadinhas. Nessas atividades também poderão ser avaliadas os conteúdos procedimentais e atitudinais. A criatividade do professor nas atividades para torná-las interessante é importante, pois “os alunos nem sempre vão perceber que são avaliados” (CARVALHO, 2019, p. 18) e uma avaliação mais tradicional pode acontecer ao final de uma SEI com a organização de um questionário com assuntos importantes que foram desenvolvidos.

Na atividade de papel e lápis podemos conhecer o saber do aluno, expresso por escrito, sejam os factuais ou os conceituais dentro de suas capacidades cognitivas (ZABALA, 1998). A superação dessas dificuldades tem por finalidade aprender conceitos e construir modelos envolvendo os conteúdos conceituais (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009). Como os conteúdos procedimentais e atitudinais não são comuns nas atividades escolares, eles ganham importância nas avaliações das SEI, pois são componentes do ensino de Ciências por investigação, sendo destacados pelos alunos para os professores (CARVALHO, 2019).

Para desenvolver habilidades cognitivas e de raciocínio científico, bem como habilidades experimentais e de resolução de problemas, os conteúdos procedimentais devem ser relevantes para o ensino de ciências para tornar nossos alunos participativos em seus processos de construção do conhecimento científico. É claro que devemos observar o tempo do aluno, que envolve “superar limitações

específicas no aprendizado tanto de técnicas ou destrezas como, principalmente, de estratégias de pensamento e aprendizagem” (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009, p. 28).

“Os conteúdos procedimentais implicam saber fazer, e o conhecimento sobre o domínio deste saber fazer só pode ser verificado em situações de aplicação destes conteúdos” (ZABALA, 1998, p. 207). Compreender o processo em passos e fases que configuram o conteúdo procedimental e sua aprendizagem não é definido pelo conhecimento que se tem, mas como o transfere para a prática. Por exemplo, conhecer as fases de uma pesquisa para realizá-la e entender os passos de um algoritmo permitindo seu uso correto. Assim, para manifestar o uso correto da língua é essencial as competências linguísticas, nesses casos a competência na ação, ou seja, o saber fazer. Desta forma, o professor pode identificar na realização das atividades o grau de domínio de seus alunos ao dialogarem, debaterem e cumprirem uma pesquisa, etc.

Para Mortimer (2002), é muito difícil para o professor mudar sua prática de sala de aula mantendo os mesmos instrumentos avaliativos. Mortimer cita que podemos notar a mudança na prática do professor, quando ele passa a usar “estratégias de ensino em que os alunos trabalham em grupos, outras em que os alunos apresentam as conclusões do trabalho em grupo, expõem ideias e argumentam para toda a turma, etc.” (MORTIMER, 2002, p. 31).

Desenvolver atitudes e valores exige dos conteúdos atitudinais o reconhecimento como essencial no ensino das ciências, promovendo normas para regular as atitudes e os valores, permitindo a apropriação dessas formas de comportamento pelos alunos e uma aproximação do conhecimento (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009). “A natureza dos conteúdos atitudinais, seus componentes cognitivos, condutuais e afetivos fazem com que seja consideravelmente complexo determinar o grau de aprendizagem de cada aluno” (ZABALA, 1998, p. 208). Assim, para a avaliação das aprendizagens conceituais e procedimentais é difícil caracterizar a competência do aluno pela sua individualidade, por isso não encontramos dois professores com a mesma interpretação quanto a esse nível de competência, na

aprendizagem atitudinal, esse nível de insegurança fica notável pelas posições ideológicas de cada professor.

Ao mesmo tempo, nos encontramos diante de uma tradição escolar que tendeu formalmente a menosprezar estes conteúdos e que reduziu a avaliação a uma função sancionadora, expressada quantitativamente, fato que provocou a ilusão de se acreditar no rigor de suas afirmações porque são matematizáveis. Esta necessidade de quantificação, juntamente com a falta de experiências e trabalhos neste campo, faz com que, muitas vezes, se questione a necessidade de avaliar os conteúdos atitudinais pela impossibilidade de estabelecer avaliações tão "exatas" como no caso de outros tipos de conteúdo (ZABALA, 1998, p. 208).

Carvalho (2019) exemplifica os conteúdos procedimentais e atitudinais

Quando na etapa da resolução do problema em pequenos grupos, deve-se observar os alunos: se estes colaboram entre si na busca de solução do problema, se apresentam comportamento que indica uma aprendizagem atitudinal e se eles discutem buscando ideias que servirão de hipóteses e as testam – isso indica uma aprendizagem processual do grupo. É preciso verificar quem não participa nem em termos de atitudes nem em termos de processo. Essa avaliação deve ser feita sempre que os grupos trabalharem. É esse o papel do professor nessa etapa da aula (CARVALHO, 2019, p. 19).

Para Carvalho (2004) o professor precisa apoderar-se de um novo gênero discursivo e fazer com que seus alunos aprendam a argumentar e encontrar suporte nas suas afirmações, criando um ambiente adequado para os alunos refletirem sobre seus pensamentos, “aprendendo a reformulá-los por meio da contribuição dos colegas, mediando conflitos pelo diálogo e tomando decisões coletivas” (CARVALHO, 2004, p. 9).

Para Carvalho (2019), numa discussão aberta, esperar a vez de falar e respeitar a fala do colega são comportamentos que indicam aprendizagem atitudinal. Além disso, explicar o fenômeno observado e relatar as ações observadas são comportamentos relacionados ao domínio procedimental.

No trabalho escrito dos alunos constata-se a aprendizagem atitudinal quando eles escrevem os verbos de ação no plural mostrando respeito pelo trabalho realizado em grupo, e a aprendizagem procedimental é evidenciada quando relatam, por meio do texto e/ou desenho, a sequência das ações realizadas e as relações existentes entre ações e o fenômeno investigado. (CARVALHO, 2019, p. 19)

Algumas etapas da SEI, como a leitura de texto, levam a resolução de problemas, porque foram organizados para contextualizar e/ou aprofundar os conhecimentos

destacados na sequência. Nessa atividade, o professor pode estabelecer critérios para avaliar se o aluno seleciona as informações pertinentes no texto, uma vez que a leitura está relacionada a momentos das atividades experimentais vivenciadas anteriormente. Assim, a partir do trabalho em sala de aula, o professor classifica a aprendizagem em conceitual, processual ou atitudinal. Por exemplo, se aconteceu de forma individual e por escrito, podemos classificar esse objetivo como conceitual, mesmo que a atividade tenha sido debatida em sala de aula. Assim, durante a discussão dos conceitos vão surgir atitudes e procedimentos a serem avaliados pelo professor (CARVALHO, 2019).

Outras atividades que apresentam critérios de avaliação atitudinal e procedimental são trabalhos com figuras, construção de painel ou observar vídeos da internet. Assim, pensar uma avaliação formativa no decorrer de uma SEI proporciona aos alunos uma autoavaliação, “cabendo ao professor orientá-los no reconhecimento de seus avanços e nas conquistas que, ainda, precisam ser alcançadas” (CARVALHO, 2019, p. 20).

### 3 FUNDAMENTOS DE FÍSICA PRESENTES NA DISSERTAÇÃO

#### 3.1 O CAMPO MAGNÉTICO

Desde a Grécia antiga se conheciam as propriedades de um minério de ferro encontrado na região da Magnésia, a *magnetita* ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Através de textos gregos que fazem referência à observação de propriedades magnéticas em corpos constituídos desse mineral, foi possível chegar à data e ao local da descoberta desse fenômeno.

Aproximadamente em 1100 A. C. os chineses já haviam descoberto que uma agulha de magnetita era capaz de se orientar na direção norte-sul, e usavam este aparelho, a bússola, para a navegação.

Já em 1600, William Gilbert publicou uma obra sobre magnetismo, onde observa, pela primeira vez, que a Terra atua com um grande ímã permanente com um polo norte (N) e um polo sul (S), e é fácil verificar, com dois ímãs, que seus polos de mesmo nome se repelem, e que seus polos de nomes contrários se atraem, tal qual a Terra.

Como o magnetismo apresenta similaridades com a eletricidade, poderíamos pensar em descrever fenômenos magnéticos produzidos por ímãs permanentes de forma análoga aos fenômenos eletrostáticos, introduzindo cargas magnéticas N e S por analogia com as cargas elétricas positivas e negativas. No entanto, a física experimental nos mostra que não é possível separar os polos norte de sul de um ímã. Este é um princípio conhecido como princípio da inseparabilidade dos polos e está relacionado ao fato de o magnetismo ter origem atômica. Assim, se partirmos o ímã em dois, cada um dos pedaços se tornariam um novo ímã com seus respectivos polo norte e polo sul.

Depois da segunda metade do Século XX houve a tentativa de verificar a existência de partículas com carga magnética, ou seja, com polo norte ou polo sul isolados (monopolos magnéticos), porém nunca se obteve êxito. Sendo assim, a inexistência de monopolos magnéticos é uma premissa básica contida na literatura.

Apesar disso, podemos fazer algum tipo de analogia. Por exemplo, uma barra ou uma agulha imantada seria similar a um dipolo elétrico com os polos magnéticos no lugar das cargas positiva e negativa. Além disso, sabemos que a posição de equilíbrio de um dipolo num campo elétrico uniforme corresponde ao alinhamento do dipolo com o campo. Desta forma, por analogia podemos mapear a direção e o sentido de um campo magnético num dado ponto como a direção de equilíbrio e o sentido  $\mathbf{S} \rightarrow \mathbf{N}$  de uma pequena bússola colocada neste ponto.

Por fim, quando aproximamos um ímã de uma região com limalha de ferro, cada partícula da limalha vai se comportar como um pequeno ímã pois será magnetizado por indução, indicando a direção do campo magnético. Desta maneira, podemos mapear o campo magnético obtendo as suas linhas.

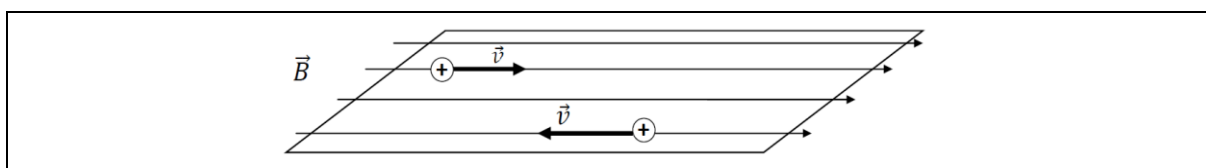
### 3.1.1 A força exercida por um campo magnético

#### 3.1.1.1 Força magnética sobre uma partícula carregada

Para definir o campo elétrico  $\vec{E}$ , consideramos a força elétrica sobre uma carga de prova  $q$  puntiforme colocada numa região de campo elétrico. O campo magnético exerce força sobre partículas carregadas em movimento.

Na Figura 1, podemos ver que quando as partículas carregadas movem-se paralelamente às linhas de campo a força magnética que atua sobre elas é zero, ou seja, o movimento é retilíneo e uniforme.

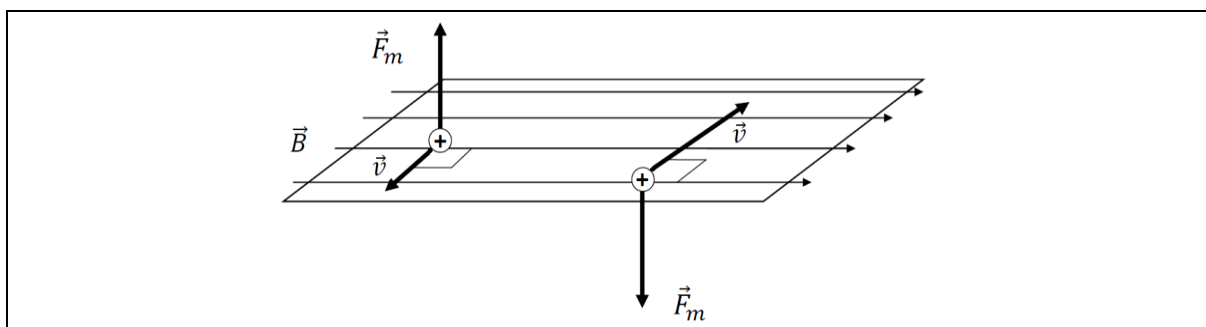
Figura 1 - Partícula carregada movendo-se paralelamente às linhas de campo magnético.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Na Figura 2, podemos ver que, quando as partículas carregadas movem-se perpendicularmente às linhas de campo a força magnética que atua sobre ela é máxima  $qvB$ .

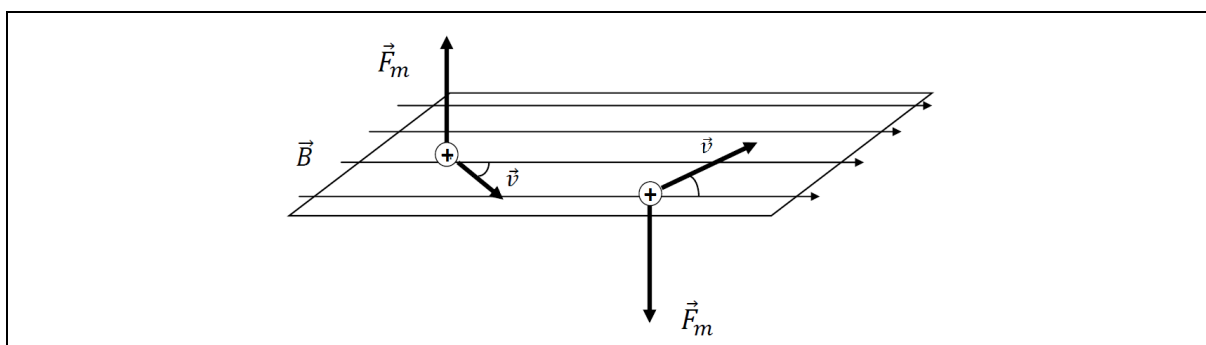
Figura 2 - Partícula carregada movendo-se perpendicular às linhas de campo magnético.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Na Figura 3, podemos ver que, quando as partículas carregadas movem-se fazendo um ângulo  $\theta$  entre o vetor velocidade e as linhas de campo, a força magnética que atua sobre ela fica entre zero e o valor máximo  $qvB$ .

Figura 3 - Partícula carregada movendo-se fazendo um ângulo  $\theta$  entre o vetor velocidade e as linhas de campo magnético.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Considerando os resultados acima podemos ver que a componente da velocidade que é paralela às linhas de campo não contribui para a força magnética. Assim, podemos definir a força magnética como

$$F_m = qv_{\perp} B \quad (1)$$

onde  $v_{\perp}$  é a componente perpendicular da velocidade da partícula de carga  $q$  em relação a um referencial inercial.

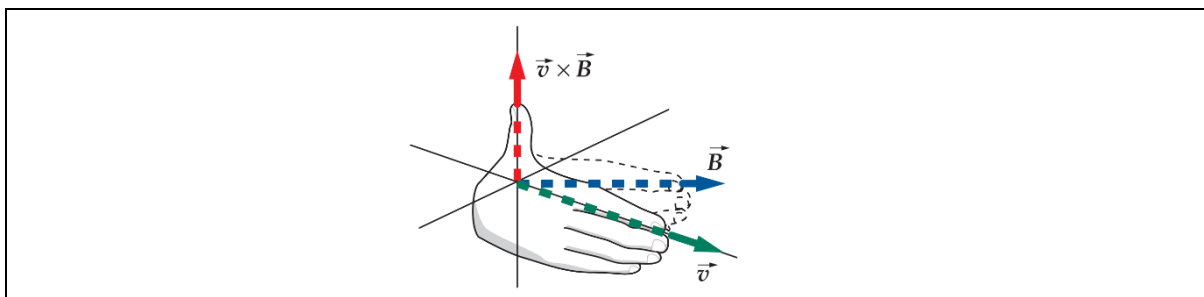
Com isso, a força  $\vec{F}_m$  é dada por

$$\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B} \quad (2)$$

Na expressão acima  $\vec{v} \times \vec{B}$  é o produto vetorial e seu módulo é dada por  $vB \sin \theta$ .

O sentido da força exercida em uma partícula carregada movendo-se em um campo magnético é dada pela regra da mão direita conforme Figura 4.

Figura 4 - Esquema da regra da mão direita para determinar o sentido da força magnética exercida em uma partícula carregada movendo-se em um campo magnético.



Fonte: Tipler (2006)

Em particular, se  $\vec{v}$  é perpendicular a  $\vec{B}$  e se  $|\vec{v}| = 1 \frac{m}{s}$ ,  $q = 1 C$  e  $|\vec{F}| = 1N$ , obtemos a unidade de  $\vec{B}$  nesse sistema, que se chama  $1T$  (Tesla):

$$1T = 1 \frac{N/C}{m/s} \quad (3)$$

Aqui vale observar que o Tesla é uma unidade muito grande e, por isso, também usamos a unidade de  $|\vec{B}|$  no sistema CGS, que é o Gauss (G):

$$1G = 10^{-4}T \quad (4)$$



O campo magnético da Terra é da ordem de  $0,6G = 6 \times 10^{-5}T$ .

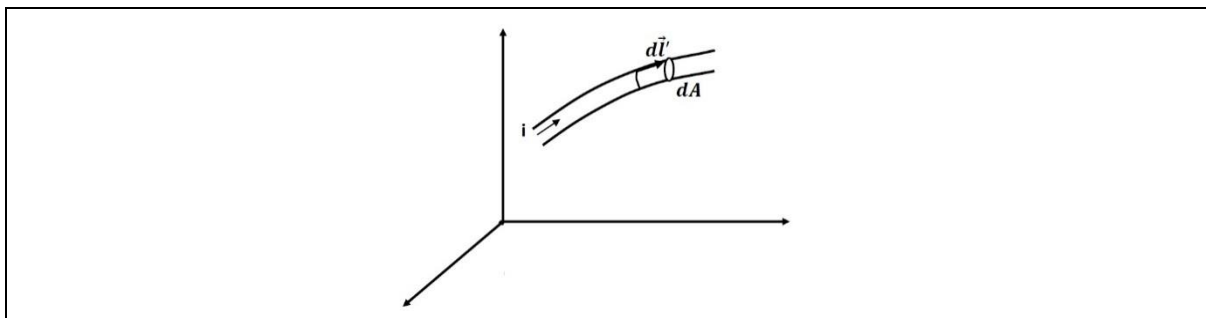
### 3.1.1.2 Força magnética sobre uma corrente

Agora, consideremos um trecho infinitesimal  $dl$  de um fio de secção transversal  $A$ , percorrido por uma corrente elétrica de densidade  $\vec{j}$  (ver Figura 5). Supondo que se trata de um fio condutor, sabemos que

$$\vec{j} = nq\langle\vec{v}\rangle \quad (5)$$

onde  $n$  é o número de transportadores de carga por unidade de volume e  $\langle\vec{v}\rangle$  é a velocidade média dos elétrons associada à corrente.

Figura 5 - Trecho infinitesimal  $dl$  de um fio condutor de secção transversal  $A$ , percorrido por uma corrente elétrica de densidade  $\vec{j}$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Se aplicarmos um campo magnético  $\vec{B}$ , a força média que atua sobre o volume  $dV = Adl$  é dada por

$$d\vec{F}_m = Nq\langle\vec{v}\rangle \times \vec{B} \quad (6)$$

onde  $N$  é o número de transportadores de carga dentro do volume  $dV$ .

Se  $n = N/dV$ , então

$$d\vec{F}_m = nq\langle\vec{v}\rangle \times \vec{B} dV \quad (7)$$

Substituindo a Equação 5 encontramos

$$d\vec{F}_m = \vec{J} \times \vec{B} A dl \quad (8)$$

Como  $d\vec{l}$  é paralelo a  $\vec{J}$  temos

$$d\vec{F}_m = JA d\vec{l} \times \vec{B} \quad (9)$$

Ou seja, se  $i$  é a intensidade da corrente,

$$d\vec{F}_m = i d\vec{l} \times \vec{B} \quad (10)$$

Assim, essa é a força  $d\vec{F}$  exercida pelo campo magnético sobre o trecho  $dl$  do fio condutor.

Desta forma, a força resultante sobre um fio de comprimento  $L$  é dada pela soma

$$\vec{F}_m = i \int_C d\vec{l} \times \vec{B} \quad (11)$$

Em particular, se o campo é uniforme, para um circuito fechado temos

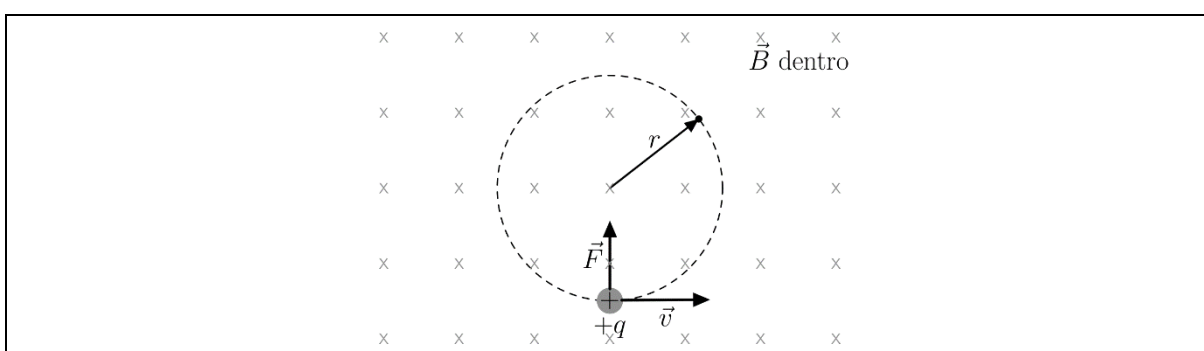
$$\vec{F}_m = i \oint_C d\vec{l} \times \vec{B} = 0 \quad (12)$$

Pois  $\oint_C d\vec{l} = 0$ , pela regra da soma de vetores. Então, a força resultante sobre qualquer circuito percorrido por uma corrente estacionária é nula.

### 3.1.2 Movimento de uma carga pontual em um campo magnético

Como vimos antes, a força magnética em uma partícula carregada movendo-se através de uma região com um campo magnético é sempre perpendicular à velocidade da partícula. Sendo assim, a força magnética varia a direção da velocidade e mantém o seu módulo inalterado. Ou seja, como  $\vec{F}_m$  é simultaneamente perpendicular a  $\vec{v}$  e  $\vec{B}$ , então, não realiza trabalho. Assim, a força magnética só altera a direção do movimento da carga  $q$ , mas não dissipa sua energia.

Figura 6 - Partícula carregada se movendo em um plano perpendicular a um campo magnético uniforme.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Na Figura 6, podemos ver o movimento de uma partícula carregada, com velocidade perpendicular ao campo magnético uniforme. A partícula se move em uma órbita circular e a força magnética fornece a resultante centrípeta necessária para o movimento circular. Assim, usando a segunda lei de Newton para escrever

$$F = ma \quad (13)$$

ou

$$qvB = \frac{mv^2}{r} \quad (14)$$

Então,

$$r = \frac{mv}{qB} \quad (15)$$

onde a  $m$  é a massa da partícula.

O período do movimento circular é o tempo que leva a partícula para percorrer a circunferência uma vez. O período está relacionado à velocidade da partícula

$$T = \frac{2\pi r}{v} \quad (16)$$

Substituindo Equação 14 na Equação 15 encontramos

$$T = \frac{2\pi m}{qB} \quad (17)$$

Assim, a frequência do movimento circular, chamada de frequência do ciclotron, é o recíproco do período:

$$f = \frac{qB}{2\pi m} \quad \rightarrow \quad \omega = \frac{q}{m} B \quad (18)$$

Notemos que o período e a frequência dependem somente da razão  $q/m$ .

### 3.1.2.1 Torques em anéis de corrente

Agora, consideremos um circuito retangular de lados  $a$  e  $b$  percorrido por uma corrente estacionária  $i$  e situado num campo uniforme paralelo ao eixo  $x$  ( $\vec{B} = B\hat{x}$ ) conforme mostra a Figura 7.

Como as forças  $\vec{F}_2$  e  $\vec{F}_4$  são paralelas ao eixo  $z$ , não contribuem para os torques. No sistema de coordenadas da Figura 7, a força  $\vec{F}_1$  é

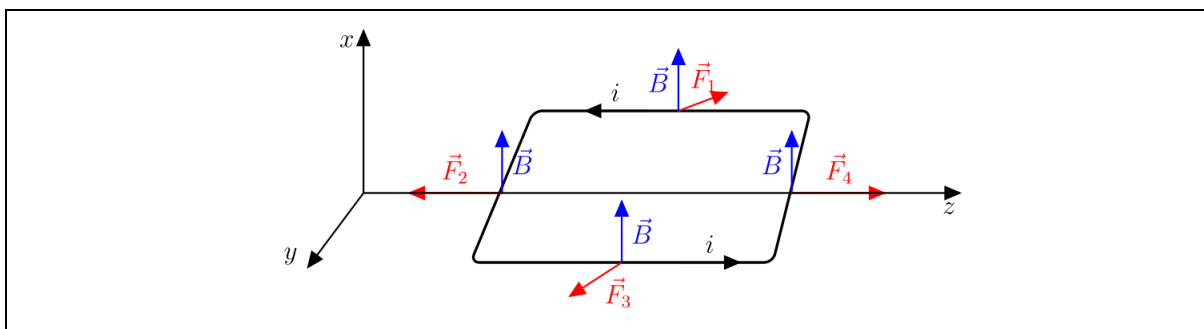
$$\vec{F}_1 = -ibB\hat{y} \quad (19)$$

igual e contrária à força  $\vec{F}_3$  que é igual a

$$\vec{F}_3 = +ibB\hat{y} \quad (20)$$

Essas duas forças formam um binário de torque

Figura 7 - Espira retangular num campo  $\vec{B}$  uniforme.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Agora, a partir da Figura 8 podemos calcular o torque na espira, ou seja,

$$\vec{\tau}_1 = \left(-\frac{a}{2} \cos \theta \hat{y} + \frac{a}{2} \sin \theta \hat{x}\right) \times (-ibB\hat{y}) = -\frac{1}{2}iabB \sin \theta \hat{z} \quad (21)$$

$$\vec{\tau}_2 = \left(+\frac{a}{2} \cos \theta \hat{y} - \frac{a}{2} \sin \theta \hat{x}\right) \times (+ibB\hat{y}) = -\frac{1}{2}iabB \sin \theta \hat{z} \quad (22)$$

Sendo assim, o torque resultante sobre o binário é dado por

$$\vec{\tau}_R = -iabB \sin \theta \hat{z} \quad (23)$$

ou

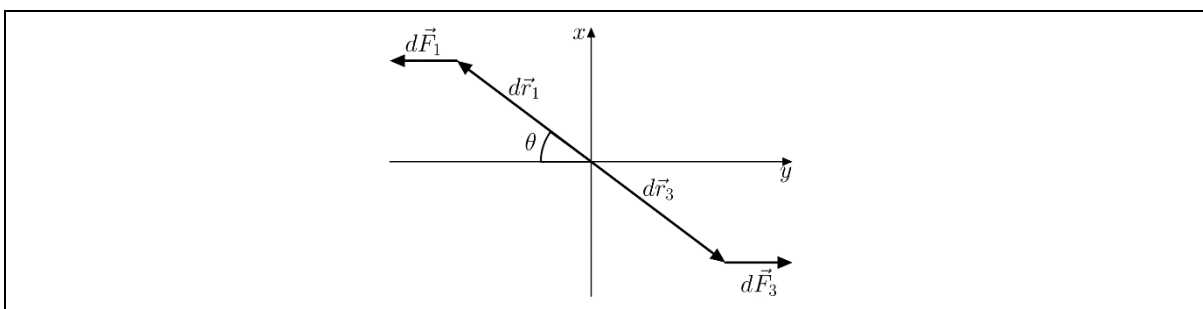
$$\vec{\tau}_R = -iAB \sin \theta \hat{z} = \vec{\mu} \times \vec{B} \quad (24)$$

Em que  $A = ab$  é a área do circuito  $C$  e definimos

$$\vec{\mu} = iA\hat{z} = iA\hat{n} = i\vec{A} \quad (25)$$

onde  $\hat{n}$  é o vetor da normal orientada ao plano do circuito.

Figura 8 - Visão lateral da espira retangular num campo magnético uniforme.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

A expressão do torque é análoga à expressão encontrada nos livros didáticos para o torque em um dipolo elétrico imerso em um campo elétrico. Por isso, dizemos que o circuito se comporta como um momento de dipolo magnético

$$\vec{\mu} = i\vec{A} \quad (26)$$

onde  $\vec{A} = A\hat{n}$  é a sua área orientada.

## 3.2 FONTES DE CAMPO MAGNÉTICO

### 3.2.1 O campo magnético produzido por uma partícula carregada em movimento

Quando uma carga puntiforme  $q$  move-se com velocidade  $\vec{v}$ , ela produz um campo magnético  $\vec{B}$  no espaço, dado por

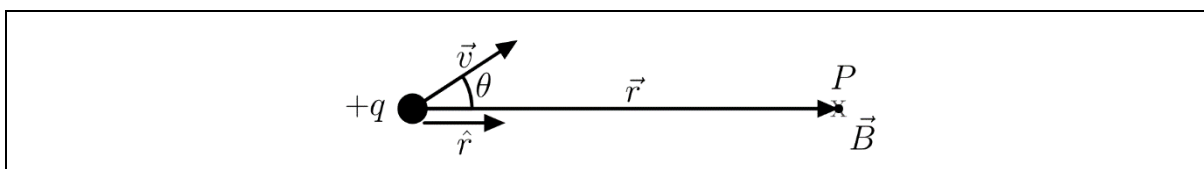
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 q}{4\pi} \frac{\vec{v} \times \hat{r}}{r^2} \quad (27)$$

onde  $\hat{r}$  é um vetor unitário que acompanha a carga pontual e aponta para o ponto de campo  $P$  e  $\mu_0$  é a permeabilidade magnética do meio. Para o vácuo a permeabilidade magnética possui o valor

$$\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}. \quad (28)$$

Como podemos ver da Equação (27) o campo varia com o inverso do quadrado da distância da carga ao ponto e é proporcional ao seno do ângulo entre  $\vec{v}$  e  $\hat{r}$ .

Figura 9 - Uma carga pontual positiva  $q$  movendo-se com velocidade  $\vec{v}$  produz um campo magnético  $\vec{B}$  em um ponto  $P$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Da Figura 9 vemos que o campo magnético em  $P$  está na direção e sentido do vetor  $\vec{v} \times \hat{r}$  (lê-se vê produto vetorial erre), ou seja, para dentro da página.

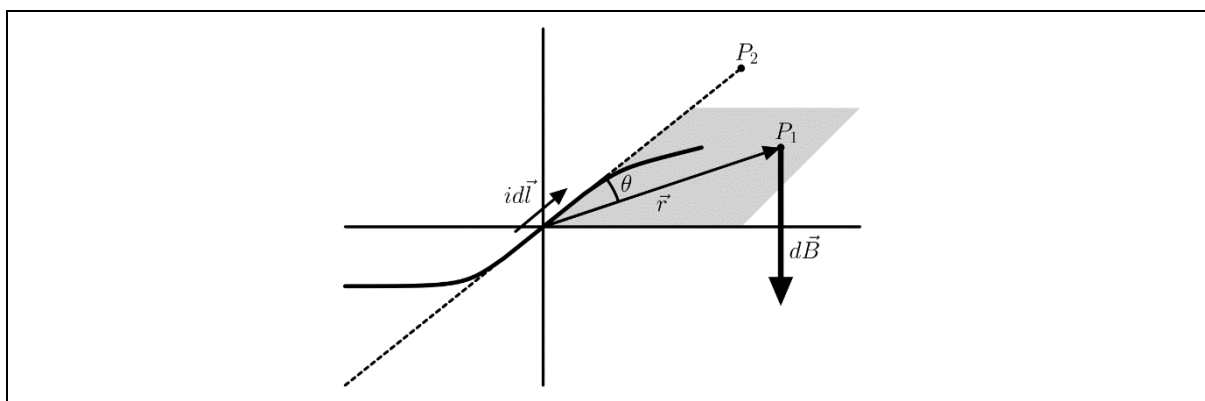
### 3.2.2 O campo magnético produzido por correntes elétricas

Para calcular o campo magnético  $d\vec{B}$  produzido por correntes elétricas vamos substituir  $q\vec{v}$  pelo elemento de corrente  $i(d\vec{l})$ . Assim, o campo magnético produzido por um elemento de corrente  $i(d\vec{l})$  é dada por

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{i(d\vec{l}) \times \hat{r}}{r^2} \quad (29)$$

A Equação 3 é conhecida como a Lei de Biot-Savart.

Figura 10 - O infinitésimo de corrente  $i(d\vec{l})$  produz um campo magnético  $d\vec{B}$  no ponto  $P_1$  que está na direção e sentido de  $(d\vec{l}) \times \hat{r}$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

É importante observar que a Lei de Biot-Savart e a Equação 1 são equivalentes à lei de Coulomb para o campo elétrico de uma carga pontual, sendo que, neste caso a fonte de campo magnético é uma carga pontual em movimento ou um elemento de corrente, assim como a carga elétrica é a fonte do campo elétrico (ver Figura 2).

A intensidade do campo magnético diminui com o quadrado da distância à carga em movimento ou ao elemento de corrente, da mesma forma que o campo elétrico diminui com o quadrado da distância à carga pontual. No entanto, as similaridades terminam aí pois as direções do campo elétrico e magnético são bem diferentes. Enquanto o vetor campo elétrico aponta na direção do vetor unitário  $\hat{r}$ , que fica junto à partícula carregada, até o ponto onde se quer determinar o campo elétrico, o campo magnético é perpendicular ao plano formado pelos vetores  $\hat{r}$  e  $\vec{v}$ , no caso de carga pontual, ou  $\hat{r}$  e  $d\vec{l}$  no caso de um elemento de corrente.

Com isso, o campo magnético total, ou seja, o campo magnético devido à corrente total que atravessa um fio de comprimento finito pode ser calculado usando a Lei de Biot-Savart. Para determinar esse campo magnético resultante temos que realizar a soma sobre todos os elementos de corrente ao longo de toda extensão do fio. Ou seja, temos que efetuar a seguinte integral

$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{i(d\vec{l}) \times \hat{r}}{r^2} \quad (30)$$



Esse cálculo nem sempre é trivial e pode se tornar complicado dependendo da geometria. No entanto, para algumas geometrias que possuem simetrias que permitam facilitar as integrais, é possível determinar o campo magnético resultante. Algumas dessas simetrias são importantes para nosso trabalho e serão analisadas na sequência.

### 3.2.2.1 Campo magnético produzido por uma corrente em um fio na forma de um anel

A Figura 3 mostra um elemento de corrente  $i(d\vec{l})$  de um fio enrolado na forma de anel de raio  $R$  e o vetor unitário  $\hat{r}$  que aponta do elemento até o centro do anel. Nesse primeiro exemplo vamos nos concentrar em calcular o vetor campo magnético no centro do anel.

O campo magnético resultante devido a todos os elementos de corrente do anel é obtido integrando a Equação 4 sobre todo o anel. A partir da Figura 3 vemos que  $i$  e  $R$  são os mesmos para todos os elementos do anel, ou seja,

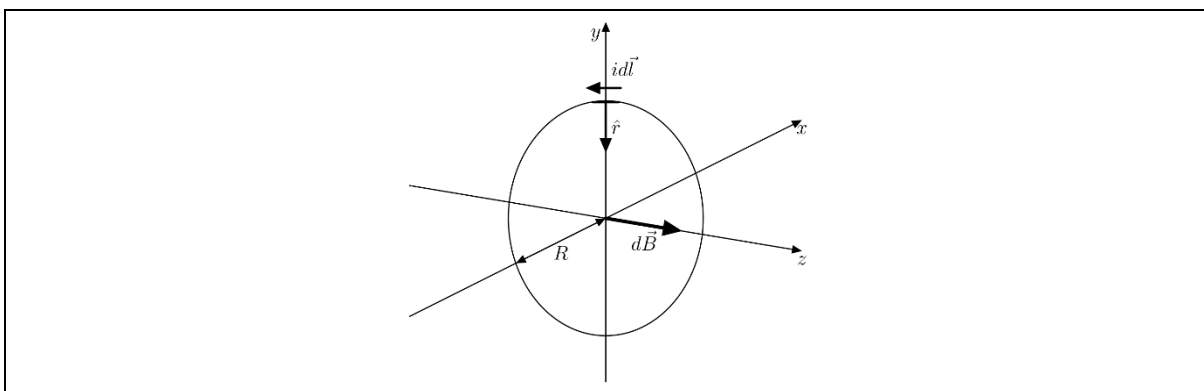
$$\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \int \frac{i(Rd\phi\hat{\phi}) \times \hat{r}}{r^2} = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \int (d\phi)\hat{\phi} \times \hat{r} \quad (31)$$

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \hat{z} \int (d\phi) = \frac{\mu_0 i}{4\pi R} \hat{z} \cdot 2\pi \quad (32)$$

Na expressão acima colocamos o resultado do produto vetorial  $\hat{\phi} \times \hat{r}$ . Por fim, chegamos a

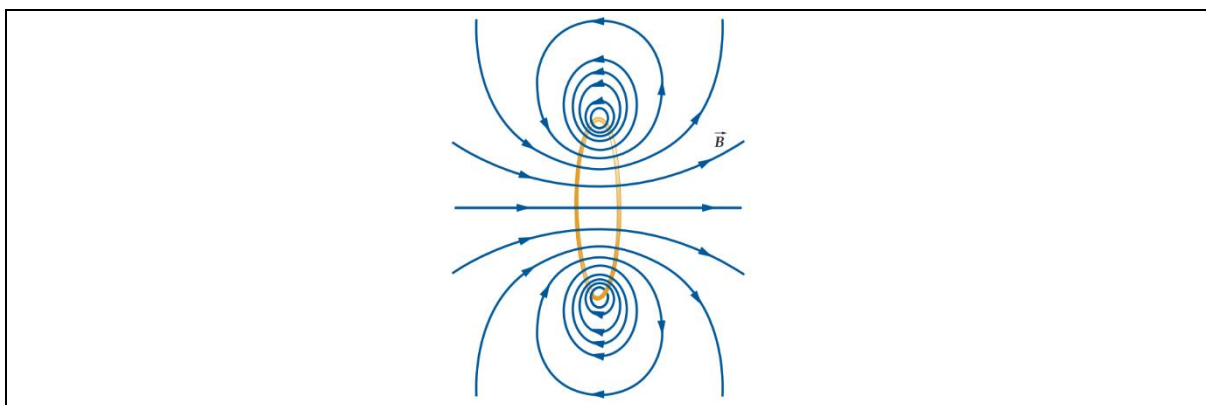
$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2R} \hat{z} \quad (33)$$

Figura 11 - Elemento de corrente  $i(d\vec{l})$  para calcular o campo magnético no centro do anel.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Figura 12 - Representação esquemática das linhas de campo magnético de um anel de corrente.

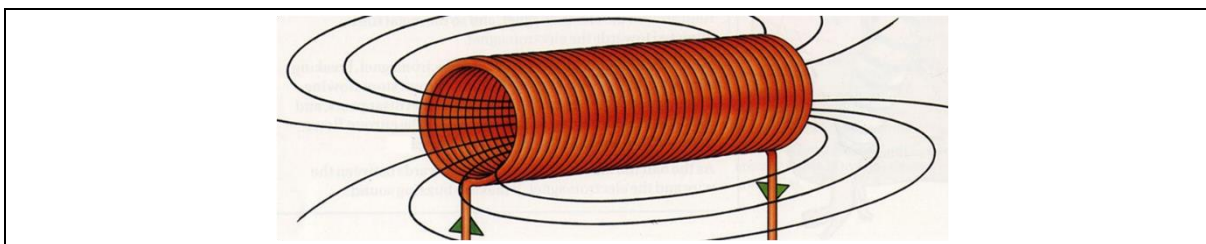


Fonte: Tipler (2006)

### 3.2.2.2 Campo magnético produzido por uma corrente em um fio na forma de um solenoide

Um solenoide é um enrolamento com fio esmaltado com voltas bem próximas entre si, como mostra Figura 5. Este tipo de enrolamento é utilizado para produzir um campo magnético forte e uniforme na região próxima aos anéis. Assim, a intensidade do campo magnético gerado por um solenoide composto de um conjunto de  $N$  anéis de corrente iguais colocado um ao lado do outro.

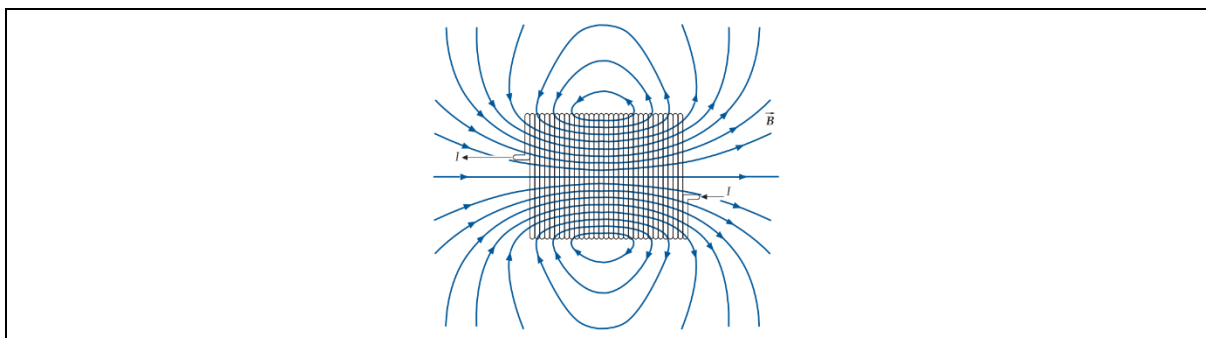
Figura 13 - Um solenoide pode ser considerado como vários anéis colocados lado a lado conduzindo a mesma corrente elétrica.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

No estudo do magnetismo, o solenoide tem um papel muito similar ao do capacitor de placas paralelas, que produz um campo elétrico forte e uniforme entre as placas. Na Figura 6 temos as linhas de campo magnético para o solenoide ideal. Desta forma, podemos ver que dentro do solenoide e distante das bordas, as linhas de campo são paralelas ao eixo de simetria, bem próximas umas das outras e igualmente espaçadas, indicando um campo magnético forte e uniforme.

Figura 14 - Representação esquemática das linhas de campo magnético dentro e fora de um solenoide. As linhas são idênticas às de um ímã em forma de barra.

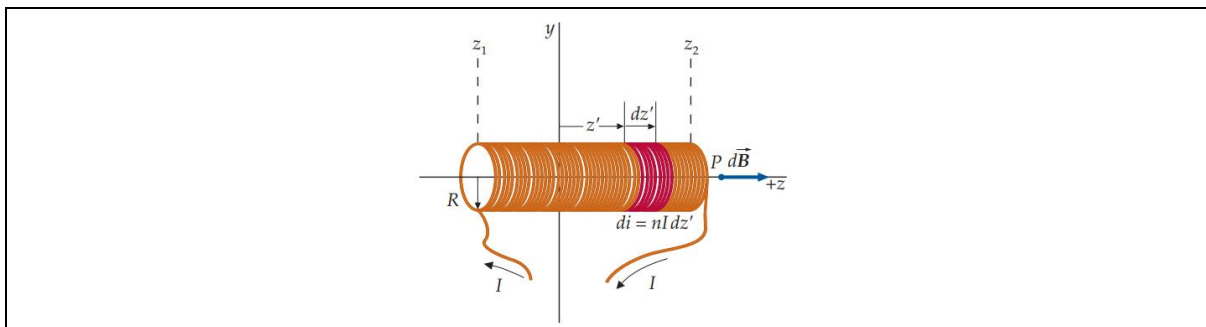


Fonte: Tipler (2006)

Agora, com o objetivo de obter o valor do vetor campo magnético para o solenoide consideremos um enrolamento de comprimento  $L$ , com  $N$  voltas percorridas por uma corrente  $i$ . Chamaremos o eixo de simetria do solenoide de eixo  $z$ , sendo que a extremidade esquerda está em  $z = z_1$  e a extremidade direita está em  $z = z_2$ . Queremos calcular o campo no ponto  $P$  a uma distância  $z$  da origem. Na Figura 7 podemos ver um elemento do solenoide de comprimento  $dz'$  a uma distância  $z'$  da origem. Assim, se  $n = N/L$  é o número de voltas por unidade de comprimento, há

$ndz'$  voltas do fio neste elemento, com cada volta sendo percorrida por uma corrente  $i$ .

Figura 15 - Representação esquemática para o cálculo do campo magnético no interior de um solenoide.



Fonte: Tipler (2006)

Portanto, o elemento é equivalente a um único anel conduzindo uma corrente igual a  $di = ni dz'$ . Assim, usando o resultado da seção anterior, podemos escrever o campo magnético em um ponto no eixo  $z$  devido ao anel em  $z'$  percorrido pela corrente  $di$  como

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{2} \frac{R^2 ni dz'}{[(z - z')^2 + R^2]^{3/2}} \hat{z} \quad (34)$$

onde  $z - z'$  é a distância entre o anel e o ponto onde se deseja determinar o campo magnético.

Agora, para determinar o campo magnético no ponto  $P$  devido a todos os anéis do solenoide temos que integrar desde  $z' = z_1$  até  $z' = z_2$ , isto é,

$$\vec{B}(z) = \frac{\mu_0 ni R^2}{2} \int_{z_1}^{z_2} \frac{dz'}{[(z - z')^2 + R^2]^{3/2}} \hat{z} \quad (35)$$

Usando substituição trigonométrica chegamos a

$$\vec{B}(z) = \frac{\mu_0 ni}{2} \left( \frac{z - z_1}{\sqrt{(z - z_1)^2 + R^2}} - \frac{z - z_2}{\sqrt{(z - z_2)^2 + R^2}} \right) \hat{z} \quad (36)$$

Deste resultado podemos tirar um outro muito importante, pois no interior de um solenoide longo, onde por longo entendemos que seu comprimento  $L$ , é muito maior que seu raio  $R$  e distante das suas extremidades. O primeiro quociente entre parênteses tende a  $+1$  e o segundo quociente tende a  $-1$ . Assim, a expressão entre parênteses tende a  $+2$  e o resultado final para o campo magnético no interior de um solenoide longo fica como

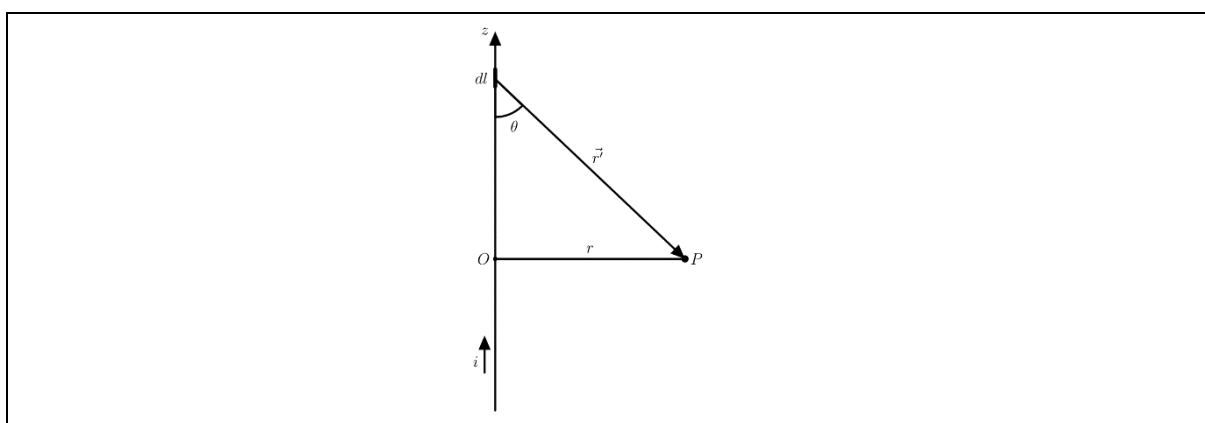
$$\vec{B}(z) = \mu_0 n i \hat{z} \quad (37)$$

Como vemos o campo no interior do solenoide depende somente do número de voltas por unidade de comprimento e do valor da corrente que atravessa o enrolamento.

### 3.2.2.3 Campo magnético produzido por uma corrente em um fio retilíneo

Do fio retilíneo da Figura 16, vemos que todos os elementos de corrente contribuem para o campo magnético em  $P$  com  $d\vec{B}$  na mesma direção e sentido, de modo que basta integrar (somar)

Figura 16 – Campo magnético do fio retilíneo infinito.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

$$B = \frac{\mu_0 i}{4\pi} \int \frac{dz \sin \theta}{r'^2} \quad (38)$$

O campo magnético circula em torno do fio e por simetria podemos integrar sobre  $z$  positivo ( $\theta$  de  $\frac{\pi}{2}$  até  $\theta$ ) e multiplicar por 2. Fazendo a substituição:

$$\sin \theta = \frac{r}{r'} \quad (39)$$

e

$$z = r \cot \theta \rightarrow dz = -r \frac{d\theta}{\sin^2 \theta} \quad (40)$$

chegamos a

$$B = -2 \frac{\mu_0 i}{4\pi} \left( \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{\sin \theta d\theta}{r} \right) = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} [\cos \theta]_{\frac{\pi}{2}}^0 \quad (41)$$

Por fim,

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2\pi r} \hat{\phi} \quad (42)$$

onde  $\hat{\phi}$  é um vetor unitário tangente ao círculo de raio  $r$  em torno do fio infinito.

### 3.2.3 A Lei de Gauss para o magnetismo

Como vimos nos exemplos anteriores as linhas de campo magnético são bem diferentes das linhas de campo elétrico, uma vez que, as linhas de  $\vec{B}$  são fechadas. No estudo do campo elétrico aprendemos que as linhas de campo elétrico começam e terminam em cargas elétricas. Porém vimos aqui que o equivalente magnético de carga elétrica é o polo magnético haja visto que as linhas de campo magnético vão de um polo a outro. Assim, como no caso dos ímãs permanentes os polos norte e sul sempre estão juntos o campo magnético, devido as correntes elétricas obedecerão a essa mesma regra, ou seja, serão fechadas. Isso fica claro no exemplo do solenoide onde o campo magnético, tanto no interior quanto no exterior

dele, é idêntico ao campo magnético de um ímã permanente em barra do mesmo tamanho e formato do solenoide.

Desta forma, se uma superfície gaussiana engloba um ímã em barra, o número de linhas de campo que atravessam a superfície pelo lado de dentro é igual ao número de linha de campo que atravessam a superfície pelo lado fora. Ou seja, o fluxo resultante  $\phi_m$  do campo magnético através de qualquer superfície fechada  $S$  é sempre zero. Vamos nos lembrar que o fluxo resultante de qualquer campo é uma medida do número líquido de campo que atravessa uma superfície. Agora, sabendo disso podemos enunciar a Lei de Gauss para o magnetismo, isto é,

$$\phi_m = \oint_S \vec{B} \cdot \hat{n} dA = 0 \quad (43)$$

onde  $\vec{B} \cdot \hat{n}$  é a componente de  $\vec{B}$  perpendicular à superfície  $S$  no elemento de área  $dA$ .

### 3.2.4 A Lei de Ampère

Do estudo da eletrostática, vimos que para distribuições de cargas simétricas, podíamos calcular o campo elétrico de maneira muito mais fácil usando a Lei de Gauss. No caso do magnetismo, temos uma situação similar a essa.

A Lei de Ampère relaciona a componente tangencial do campo magnético somado ao longo de uma curva fechada  $C$  à corrente  $i_C$  que atravessa qualquer superfície limitada por  $C$ . Na forma integral, a Lei de Ampère é

$$\oint_C \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 i_C \quad (44)$$

Onde  $i_C$  é a corrente resultante que penetra em qualquer superfície  $S$  limitada pela curva  $C$ . O sentido positivo para a integral de caminho ao longo da curva  $C$  é determinado pela regra da mão direita.

Aqui, é importante frisar que a Lei de Ampère vale apenas enquanto as correntes forem constantes e contínuas, ou seja, as correntes não podem variar no tempo nem terem acúmulo de cargas em partes do fio.

A Lei de Ampère pode ser diretamente aplicada para calcular o campo magnético em situações com simetria conhecida pois assim o produto interno no integrado pode ser realizado facilmente. A integral do produto interno  $\vec{B} \cdot d\vec{l}$  é chamada de circulação do campo magnético ao longo da curva  $C$ .

### 3.2.4.1 Cálculo do campo magnético devido à corrente em um fio retilíneo infinito

Uma aplicação imediata da Lei de Ampère é a determinação do campo magnético devido à corrente em um fio retilíneo infinito. Da Figura 8, podemos ver uma curva circular  $C$  em torno de um fio retilíneo infinito como centro no fio. No entanto, sabemos da regra da mão direita que a direção do campo magnético devido a cada elemento é tangente a este círculo (ver Figura 8). Assim, sabemos que o campo magnético  $\vec{B}$  está na mesma direção e sentido de  $d\vec{l}$  e pela Lei de Biot-Savart tem a mesma intensidade em qualquer ponto no círculo. Com isso, a Lei de Ampère fornece

$$B \oint_C dl = \mu_0 i_C \quad (45)$$

Onde  $B$  é a componente tangencial do campo magnético que por simetria possui o mesmo valor do módulo do campo magnético. Agora, podemos realizar a integral de  $dl$  em torno do círculo que é igual a  $2\pi R$ . Além disso, a corrente que aparece no lado direito da Equação 9 é exatamente a corrente  $i$  no fio. Então, chegamos a:

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \quad (46)$$

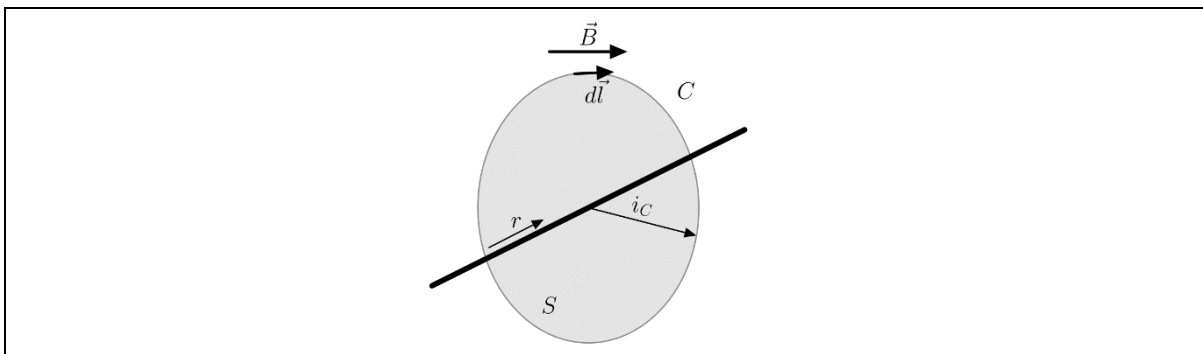
Agora, podemos escrever o campo na forma vetorial como



$$\vec{B} = \frac{\mu_0 i}{2\pi R} \hat{\phi} \quad (47)$$

onde  $\hat{\phi}$  é um vetor unitário que aponta na direção tangente à curva  $C$ .

Figura 17 - Representação esquemática para o calcular o campo magnético de um fio retilíneo infinito usando a Lei de Ampère.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

### 3.2.5 O magnetismo nos materiais

No nível microscópico tanto os elétrons quanto os prótons possuem um magnetismo intrínseco, devido ao momento de dipolo magnético que eles possuem. Por isso, os átomos possuem momento de dipolo magnético. Para o magnetismo no nível macroscópico o que importa é o magnetismo dos elétrons que estão nos orbitais eletrônicos com elétrons desemparelhados. Como o momento de dipolo magnético intrínseco está associado ao spin dos elétrons, então os elétrons emparelhados não contribuem para o magnetismo atômico.

Um outro aspecto sob a qual vale observação, é que diferente do que acontece com os momentos de dipolos elétricos, o alinhamento dos momentos de dipolos magnéticos paralelamente a um campo magnético externo tende a aumentar o campo. Assim, dentro de um material magnetizado, os momentos de dipolo magnéticos criam um campo magnético paralelo aos vetores momentos de dipolo magnético.

Com relação ao comportamento de seus momentos magnéticos em um campo magnético externo classificamos os materiais em 3 categorias, a saber: paramagnéticos, ferromagnéticos e diamagnéticos.

### 3.2.5.1 Magnetização e suscetibilidade magnética

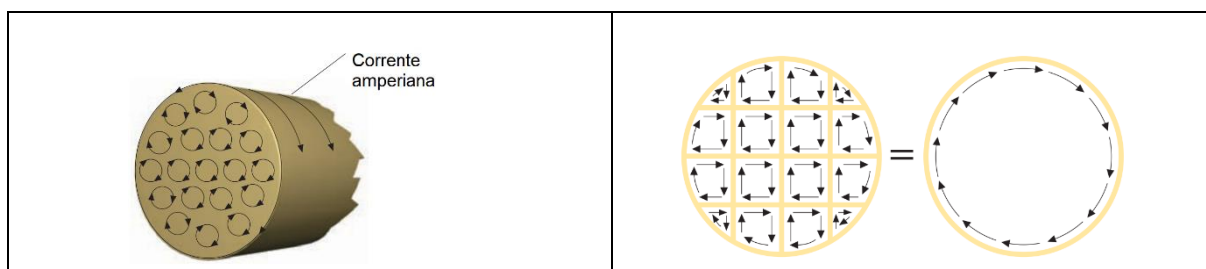
Quando um material é colocado em um campo magnético intenso, tal como o de um solenoide, o campo magnético do solenoide tende a alinhar os momentos de dipolo magnético que se encontram no interior do material e, com isso, dizemos que o material está magnetizado.

De agora em diante, descreveremos um material pela sua magnetização  $\vec{M}$ , que é definido como a taxa de variação do momento de dipolo magnético resultante  $\vec{\mu}$  como o volume, ou seja,

$$\vec{M} = \frac{d\vec{\mu}}{dV} \quad (48)$$

Para compreendermos mais profundamente a magnetização, vamos nos amparar no modelo proposto por Ampère no qual a magnetização dos materiais é devida a anéis microscópicos de corrente no interior do material magnetizado conforme mostra a Figura 9.

Figura 18 - Modelo de anéis de corrente atômicas proposto por Ampère onde todos os dipolos atômicos são paralelos ao eixo do cilindro. As correntes nos anéis de corrente no interior do material uniformemente magnetizado se cancelam, e resta apenas uma corrente  $s$



Fonte: Tipler (2006)

Na Figura 18 podemos ver anéis de corrente no cilindro, alinhados com seus momentos magnéticos ao longo do eixo do cilindro. Além disso, vemos que devido ao cancelamento das correntes nos anéis vizinhos, a corrente resultante em qualquer ponto dentro do material é nula, restando uma corrente na superfície do material. Por fim, essa corrente na superfície, chamada de corrente amperiana, é análoga à corrente real nos enrolamentos de um solenoide.

Assim, vamos considerar um pequeno cilindro com seção transversal de área  $A$ , comprimento  $dl$  e volume  $dV$ . A intensidade do momento de dipolo magnético do disco é igual ao de um anel de corrente que tem área  $A$  e conduz uma corrente  $di$ :

$$d\mu = Adi \quad (49)$$

Agora, usando a expressão da magnetização encontramos

$$M = \frac{d\mu}{dV} = \frac{Adi}{Adl} = \frac{di}{dl} \quad (50)$$

Ou seja, a intensidade do vetor magnetização é a taxa com que a corrente amperiana varia com o comprimento.

Como exemplo, vamos pensar em um cilindro com magnetização  $M$  paralela ao seu eixo. Como acabamos de ver, o efeito da magnetização é o mesmo que se o cilindro conduzisse uma corrente superficial por unidade de comprimento igual a  $M$ . Esta corrente é igual à conduzida por um solenoide bem enrolado e já sabemos que a corrente por unidade de comprimento para um solenoide é  $ni$ , onde  $n$  é o número de voltas por unidade de comprimento e  $i$  é a corrente em cada volta. Assim, por analogia, temos que a intensidade do campo magnético  $B_m$  no interior do cilindro é dado por  $\mu_0 ni$  com  $ni$  substituído por  $M$ :

$$B_m = \mu_0 M \quad (51)$$

Note que na expressão acima consideramos que pontos no interior do cilindro estão distantes das extremidades.

Analisaremos o que ocorre quando colocamos um cilindro de material magnético no interior de um solenoide que tem  $n$  voltas por unidade de comprimento e conduz uma corrente  $i$ . O campo do solenoide  $\vec{B}_{aplicado}$  magnetiza o material e ele adquire uma magnetização  $\vec{M}$ . Por isso, o campo magnético resultante dentro do solenoide devido à corrente no solenoide mais o material magnetizado é:

$$\vec{B} = \vec{B}_{aplicado} + \mu_0 \vec{M} \quad (52)$$

Note que, na expressão acima, consideramos que pontos no interior do cilindro estão distantes das extremidades.

Cabe, pois, fazer uma diferenciação entre os materiais. Os paramagnéticos e ferromagnéticos,  $\vec{M}$  está no mesmo sentido de  $\vec{B}_{aplicado}$ , ao passo que, para materiais diamagnéticos,  $\vec{M}$  tem sentido oposto a  $\vec{B}_{aplicado}$ .

Experimentalmente, observamos que para materiais paramagnéticos e diamagnéticos a magnetização é proporcional ao campo magnético aplicado que produz o alinhamento dos dipolos magnéticos. Assim, podemos escrever:

$$\vec{M} = \chi_m \frac{\vec{B}_{aplicado}}{\mu_0} \quad (53)$$

Onde  $\chi_m$  é um número adimensional denominado suscetibilidade magnética. A Equação 52 é então:

$$\begin{aligned} \vec{B} &= \vec{B}_{aplicado} + \mu_0 \vec{M} \\ \vec{B} &= \vec{B}_{aplicado} (1 + \chi_m) = \kappa_m \vec{B}_{aplicado} \end{aligned} \quad (54)$$

onde

$$\kappa_m = 1 + \chi_m \quad (55)$$

É chamada de permeabilidade relativa do material.

Os materiais paramagnéticos possuem  $\chi_m$  positivo e pequeno que depende da temperatura. Já nos materiais diamagnéticos  $\chi_m$  possui um valor pequeno e negativo, independente da temperatura. Para citar ordem de grandeza a suscetibilidade magnética dos sólidos é da ordem de  $10^{-5}$  e  $\kappa_m \approx 1$ .

Já a magnetização dos materiais ferromagnéticos é muito mais complicada de se descrever. A permeabilidade relativa  $\kappa_m$  não é uma constante e nos ímãs permanentes ela não está definida, pois tais materiais exibem magnetização mesmo na ausência de campo magnético aplicado (TIPLER; LLEWELLYN, 2014).

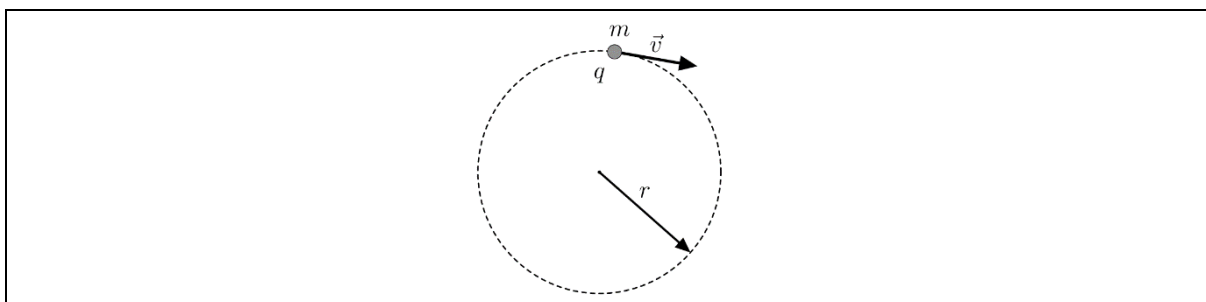
### 3.2.5.2 Momentos magnéticos atômicos

Neste tópico focaremos nossa atenção nos momentos magnéticos permanentes de átomos individuais. Da literatura especializada, temos que a magnetização de um material paramagnético ou ferromagnético está relacionado a esses momentos magnéticos individuais.

Para um elétron em um átomo podemos determinar o momento magnético devido ao movimento orbital, utilizando argumentos clássicos, mesmo sabendo que sua origem está na mecânica quântica. Por exemplo, considere a Figura 10 que mostra uma partícula de massa  $m$  e carga  $q$  movendo-se com velocidade  $v$  em um círculo de raio  $r$ . O módulo do momento angular da partícula em torno do centro do círculo é

$$L = mvr \quad (56)$$

Figura 19 - Uma partícula de carga  $q$  e massa  $m$  movendo-se com velocidade  $v$  em um círculo de raio  $r$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Assim, usando do fato que a intensidade do momento magnético é o produto da corrente pela área do círculo podemos escrever:

$$\mu = iA = i\pi r^2 \quad (57)$$

Com isso, se  $T$  é o período então a corrente é dada por  $q/T$ . Além disso, sabemos que o período  $T$  é o comprimento da circunferência ( $2\pi r$ ) dividida pela velocidade, ou seja,

$$i = \frac{q}{T} = \frac{qv}{2\pi r} \quad (58)$$

Sendo assim, o momento magnético é

$$\mu = \frac{1}{2} qvr \quad (59)$$

Agora, usando a Equação 56 chegamos a:

$$\mu = \frac{q}{2m} L \quad (60)$$

Desta forma, da equação acima, concluímos que se a carga  $q$  for positiva, o momento angular e o momento magnético estão na mesma direção e sentido. Para finalizar esse raciocínio podemos escrever

$$\vec{\mu} = \frac{q}{2m} \vec{L} \quad (61)$$

A expressão acima é a relação clássica entre momento magnético e momento angular orbital. Esta equação também é válida na mecânica quântica, para o momento angular do elétron, porém a equação não vale para o momento angular intrínseco de spin do elétron. Não há analogia clássica para o cálculo do momento angular intrínseco do elétron na física clássica, uma vez que, a grandeza está relacionada com fenômenos da teoria quântica relativística. A predição dada pela teoria quântica relativística fornece um valor para o momento magnético que é o dobro dado pela teoria clássica.

Uma consequência imediata da quantização do momento angular na teoria quântica é a quantização do momento magnético. O quantum do momento angular é  $\hbar = h/2\pi$ , onde  $h$  é a constante de Planck e por isso podemos montar expressão o momento magnético da seguinte forma:

$$\vec{\mu} = \frac{q\hbar}{2m} \frac{\vec{L}}{\hbar} \quad (62)$$

Tomando como exemplo o elétron,  $m = m_e$  e  $q = -e$ , o momento magnético do elétron devido ao movimento orbital será dado por:

$$\vec{\mu}_l = -\frac{e\hbar}{2m_e} \frac{\vec{L}}{\hbar} = -\mu_B \frac{\vec{L}}{\hbar} \quad (63)$$

onde

$$\mu_B = \frac{e\hbar}{2m_e} = 9,27 \times 10^{-24} \text{J/T} \quad (64)$$

é o *quantum* de momento magnético denominado magnéton de Bohr. O momento magnético de um elétron devido ao seu momento magnético intrínseco de *spin* é:

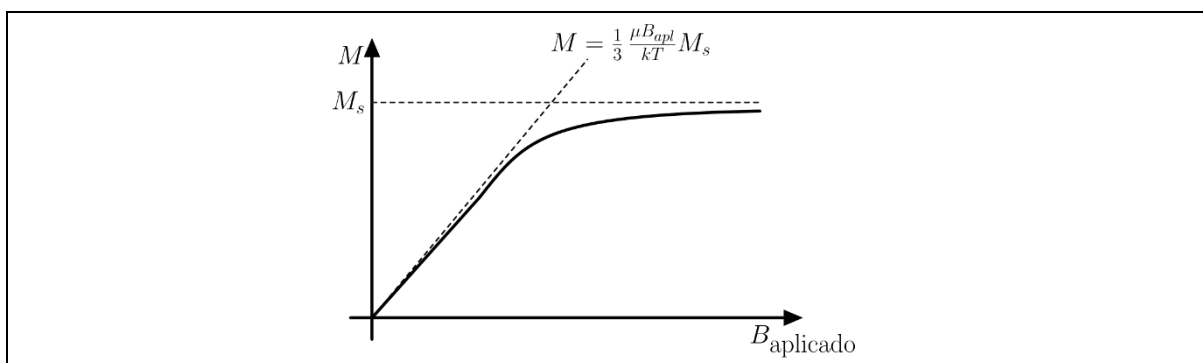
$$\mu_B = -2 \times \frac{e\hbar}{2m_e} \frac{\vec{S}}{\hbar} = -2\mu_B \frac{\vec{S}}{\hbar} \quad (65)$$

A ordem de grandeza do momento magnético, de acordo com a teoria quântica, é de poucos magnetos de Bohr. Além disso, um átomo que tem momento angular igual a zero, tem momento magnético resultante igual a zero, ou seja, os elétrons que contribuem para o magnetismo do átomo são aqueles que estão desemparelhados.

### 3.2.5.3 Paramagnetismo

Os materiais paramagnéticos são aqueles cujos átomos possuem momentos magnéticos que interagem entre si muito fracamente, o que leva a uma suscetibilidade magnética positiva e muito pequena  $\chi_m$ . Na ausência de campo magnético externo esses momentos magnéticos estão orientados aleatoriamente. No entanto, na presença de um campo externo, os momentos magnéticos tendem a se alinhar paralelamente ao campo, sendo que esse movimento é prejudicado pela agitação térmica. Assim, o número de momentos alinhados dependerá da intensidade do campo magnético externo e da temperatura do material. Esse número geralmente é muito pequeno, porque a energia magnética devido ao alinhamento em um campo magnético externo é muito menor do que a energia térmica de agitação do átomo no material (TIPLER, 2006, pag. 243). Essa energia de agitação é da ordem de  $kT$ , onde  $k$  é a constante de Boltzmann e  $T$  é a temperatura absoluta.

Gráfico 1 - Gráfico da magnetização  $M$  em função campo magnético aplicado  $B_{aplicado}$ .



Fonte: Tipler (2006).



A partir do Gráfico 1, podemos ver a magnetização  $M$  em função do campo magnético externo aplicado  $B_{aplicado}$  a uma temperatura fixa. Para campos externos muito intensos, a magnetização tende ao valor de saturação  $M$  com aproximadamente todos os momentos magnéticos alinhados com o campo. Essa condição de saturação só é possível em temperaturas muito baixas encontradas em laboratórios de baixas temperaturas. Para campos externos fracos, vemos que a magnetização é aproximadamente proporcional ao campo aplicado, como indicado pela linha pontilhada no Gráfico 1. Desta forma, nesta região, a magnetização é dada pela Lei de Curie (REITZ; MILFORD; CHRISTY, 1988):

$$M = \frac{1}{3} \frac{\mu B_{aplic}}{kT} M_s \quad (66)$$

onde  $\mu B_{aplic}/kT$  é a razão da energia máxima de um dipolo em um campo magnético pela energia térmica característica.

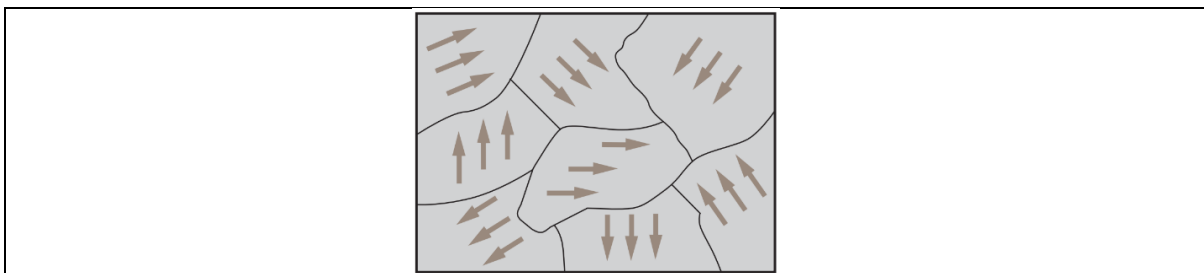
#### 3.2.5.4 Ferromagnetismo

Os materiais ferromagnéticos são aqueles nos quais surge uma interação muito forte entre os elétrons em uma banda parcialmente preenchida em um metal ou entre os elétrons em átomos vizinhos. Esta interação, denominada interação de troca, diminui a energia magnética entre dois elétrons com *spins* paralelos. São exemplos desses materiais: o ferro, o cobalto e o níquel puro, além das ligas metálicas obtidas desses elementos.

Assim, a interação de troca presente nos materiais ferromagnéticos faz com que eles tenham valores muito grandes e positivos para a suscetibilidade magnética  $\chi_m$ . Uma consequência imediata é que para pequenos valores de campo magnético externo encontramos um grande alinhamento dos momentos de dipolo magnéticos atômicos. Na maioria dos casos, essa magnetização pode permanecer mesmo depois da retirada do campo externo, uma vez que os momentos de dipolo magnético exercem fortes forças na vizinhança. Sendo assim, em uma pequena região do espaço os momentos estão alinhados uns com os outros mesmo depois que o campo externo é desligado. Essa região do espaço na qual os momentos de

dipolo estão alinhados é denominada de domínio magnético. O tamanho de um domínio magnético é microscópico, só podendo ser registrado por microscópio eletrônico. Apesar de no interior do domínio todos os dipolos atômicos estarem alinhados, a direção do alinhamento varia de domínio para domínio levando a um momento resultante de um pedaço macroscópico de material ferromagnético igual a zero (ver Figura 20). Além disso, quando a temperatura do material ferromagnético for elevada para valores superiores ao da temperatura de crítica, chamada temperatura de Curie, a agitação térmica é grande o suficiente para destruir o alinhamento dos domínios e os materiais ferromagnéticos tornam-se paramagnéticos.

Figura 20 - Representação esquemática dos domínios ferromagnéticos.



Fonte: Tipler (2006)

Com relação ao comportamento dos domínios magnéticos temos que quando um campo externo é aplicado no material, os domínios magnéticos expandem suas fronteiras ou a direção do alinhamento no interior de um domínio muda, fazendo com que apareça um momento magnético macroscópico resultante na direção do campo aplicado. Como estamos falando de um número muito grande de momentos magnéticos, o campo magnético produzido em um material por dipolos pode superar em muito o campo magnético externo (REITZ; MILFORD; CHRISTY, 1988).

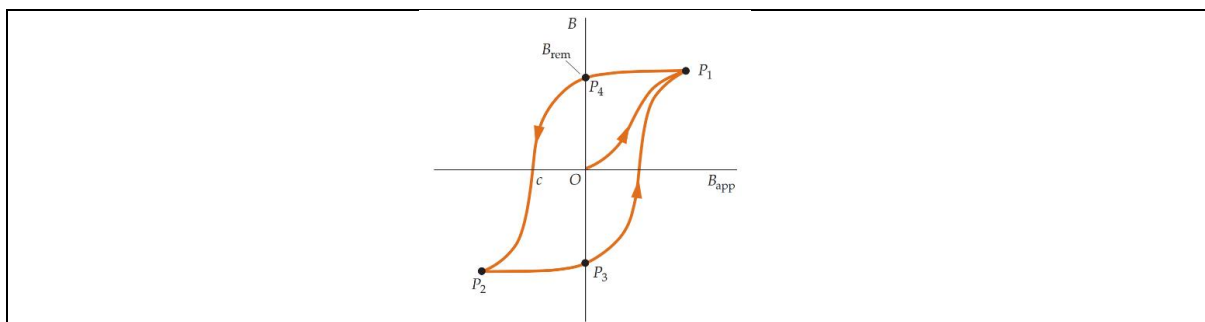
Para aprofundar a discussão consideraremos o exemplo de um bastão de ferro magnetizado colocando-o dentro de um solenoide cuja corrente elétrica pode ser elevada gradualmente. Desprezando os efeitos de borda, pois tanto o bastão quanto o solenoide são muito grandes, então

$$B = B_{aplic} + \mu_0 M = \mu_0 ni + \mu_0 M \quad (67)$$

É importante frisar que nos materiais ferromagnéticos o campo do material  $\mu_0 M$  devido aos momentos magnéticos é muito maior que o campo externo aplicado  $B_{aplicado}$ .

Outro ponto a ser analisado é o comportamento do campo magnético no interior do material ferromagnético, quando o campo magnetizador varia. Assim, de acordo com o Gráfico 2 à medida que o campo aplicado aumenta desde zero, o campo magnético no interior do ferromagneto  $B$  aumenta desde zero ao longo da parte da curva que sai da origem  $O$  até o ponto  $P_1$ . Quando a curva se aproxima de  $P_1$ , ocorre um achatamento indicando que a magnetização está se aproximando de seu valor de saturação  $M_s$ , em que todos os momentos magnéticos atômicos estão alinhados ao campo externo. Quando o campo magnético aplicado diminui (isso pode ser feito com a diminuição da corrente) a partir do ponto  $P_1$  a magnetização do material não diminui no mesmo ritmo. A mudança de orientação dos momentos magnéticos em um material ferromagnético não é automática e uma dada magnetização residual persiste no material mesmo quando o campo magnético aplicado é desligado. Esse atraso na inversão dos momentos magnéticos é denominada de histerese e a curva do Gráfico 2 e chamado de curva de histerese. No ponto  $P_4$  o bastão de ferro é um ímã permanente. Porém, se o campo magnético aplicado for invertido (isso pode ser feito invertendo o sentido da corrente no solenoide), o campo magnético no interior do ferromagneto vai a zero no ponto  $c$ . Se o campo aumentar ainda mais a curva vai chegar no ponto  $P_2$  que é um ponto de saturação, ou seja, todos os momentos de dipolo magnético estão alinhados ao campo aplicado. Então, aumentando a corrente no sentido oposto obtemos o restante da curva de histerese.

Gráfico 2 - Gráfico do comportamento do campo magnético no interior do ferromagneto em função do campo magnetizador.



Fonte: Tipler (2021)

Não é simples relacionar a magnetização nos materiais ferromagnéticos ao campo magnético aplicado. Isso ocorre, porque a magnetização depende da história prévia do material, ou seja, dos domínios magnéticos. No entanto, se levarmos em consideração somente a parte da curva de magnetização desde a origem até o ponto  $P_1$ , o campo aplicado  $\vec{B}_{apl}$  e a magnetização  $\vec{M}$  são paralelos e  $M$  é zero quando  $B_{apl}$  é zero. Assim, podemos definir a susceptibilidade como

$$M = \chi_m \frac{B_{apl}}{\mu_0} \quad (68)$$

e

$$M = B = B_{aplicado} + \mu_0 M = B_{aplicado}(1 + \chi_m) = \kappa_m \mu_0 ni = \mu ni \quad (69)$$

onde

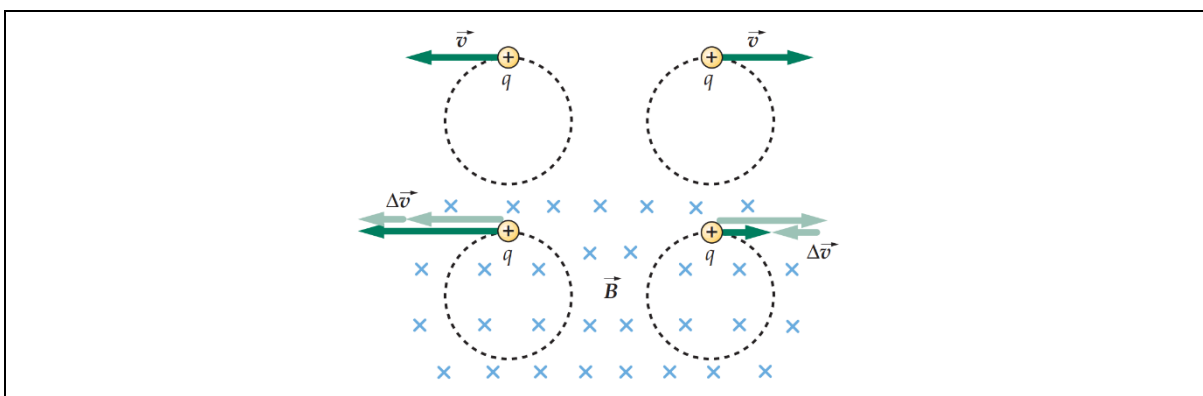
$$\mu = (1 + \chi_m)\mu_0 = \kappa_m \mu_0 \quad (70)$$

é chamada de permeabilidade do material.

### 3.2.5.5 Diamagnetismo

Os materiais diamagnéticos são aqueles nos quais a suscetibilidade magnética tem valores negativos e muito pequenos. Esse fenômeno ocorre quando o material é repelido pelos dois polos de um ímã, indicando assim, que o campo magnético externo aplicado induz no material diamagnético um momento magnético oposto ao campo. Isso foi observado por Michael Faraday em 1845.

Figura 21 - Duas cargas positivas se movimentando em sentido oposto criam campos momentos magnéticos em sentidos diferentes.



Fonte: Tipler (2021)

É possível entender o fenômeno do diamagnetismo de forma qualitativa considerando duas cargas positivas se movendo em órbitas circulares com a mesma velocidade e em sentidos opostos, como mostra a Figura 21. Assim, como seus momentos magnéticos têm sentidos opostos eles se cancelam. No entanto, as coisas mudam, quando um campo externo é aplicado. Por exemplo, quando o campo magnético externo é dirigido para dentro da página as cargas experimentam uma força magnética dada por  $q\vec{v} \times \vec{B}$ , cuja direção é radial. Assim, para a carga se movendo no sentido anti-horário (à esquerda), esta força aponta para o centro da curva, aumentando a resultante centrípeta. Então, para a carga positiva permanecer na órbita circular, ela deve aumentar a velocidade para que  $mv^2/r$  seja igual à força centrípeta total e, com isso, seu momento magnético, que é para fora da página, aumenta. Por outro lado, para a carga se movendo no sentido horário (à direita) esta força aponta para fora da curva, diminuindo a resultante centrípeta. Então para a carga permanecer na órbita circular, ela deve diminuir a velocidade para que  $mv^2/r$  seja igual à força centrípeta total e, com isso, seu momento magnético, que é para dentro da página, diminui. Assim, como os momentos magnéticos das duas cargas são iguais e têm sentidos opostos, a soma deles é zero, restando apenas os momentos magnéticos induzidos, que estão no sentido oposto ao do campo magnético externo.

De forma geral, um material é diamagnético se seus átomos têm momento angular resultante igual a zero e, portanto, não têm momento magnético. Com relação à intensidade, os momentos magnéticos induzidos que produzem o diamagnetismo

são da ordem de  $10^{-5}$  magnétons de Bohr. Então, como esse valor é muito pequeno e muito menor do que os momentos magnéticos dos materiais paramagnéticos e ferromagnéticos, tal efeito é mascarado pelo alinhamento desses momentos permanentes. Porém, como esse ordenamento dos momentos magnéticos diminui com a temperatura, pois a energia térmica passa a exercer um papel importante, teoricamente, todos os materiais são diamagnéticos quando a temperatura é alta (REITZ; MILFORD; CHRISTY, 1988)

Referindo-se especificamente de uma situação extrema, qual seja, de um material supercondutor colocado em um campo magnético externo. Neste caso, correntes elétricas são induzidas na superfície do supercondutor e o campo magnético resultante no interior do material é zero. Por exemplo, vamos considerar um supercondutor colocado no interior de um solenoide com  $n$  voltas por unidade de comprimento. Quando o solenoide é conectado à uma bateria e por ele flui uma corrente  $i$ , automaticamente é induzido uma corrente  $-ni$  por unidade de comprimento na superfície do supercondutor que cancela o campo magnético devido ao solenoide no interior do material. Assim,

$$\mu \vec{B} = \vec{B}_{aplicado}(1 + \chi_m) = 0 \quad (71)$$

Então

$$\chi_m = -1 \quad (72)$$

Concluimos que um supercondutor é um diamagneto perfeito com uma suscetibilidade magnética igual a  $-1$ .

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 TIPO DE PESQUISA

Essa pesquisa procurar abarcar as abordagens qualitativas e quantitativas da investigação científica, com o apoio de um diário de bordo para registrar as observações, de arquivos em áudio e vídeo e de dados coletados durante a sequência didática. Além disso, busca também investigar o ambiente em relação a professor-aluno, aluno-aluno e conteúdo-aluno e como esse ambiente contribui para o favorecimento das aprendizagens de conteúdos conceitual, procedimental e atitudinal dos estudantes.

Melhorar o processo de aprendizagem do aluno por meio da interferência de um especialista é uma ideia associada às definições formais encontradas nos dicionários para intervenção. A presente pesquisa se ancora nesse contexto, levando em consideração os autores Teixeira e Megid (2017) os quais entendem que a opção pelo termo Pesquisa de Natureza Interventiva (PNI) é a mais apropriada para esse contexto. A PNI consiste em conjugar processos investigativos e ações mútuas de natureza diversificada, pois abrange múltiplas modalidades de pesquisas com características de unir investigação e produção de conhecimento, com ação e/ou processos interventivos (TEIXEIRA e MEGID, 2017).

As aulas ministradas, em concordância com o currículo básico comum das escolas públicas, planejada pela professora somam 12 aulas com 8 atividades. Método científico seria o conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos seguidos para que o conhecimento seja alcançado e a pesquisa um processo formal e sistemático para desenvolver o método científico (GIL, 2008).

Ludke e Andre (1986) entendem que a pesquisa se faz a partir de um problema e:

[...] que ao mesmo tempo desperta o interesse do pesquisador e limita sua atividade de pesquisa a uma determinada porção do saber, a qual ele se compromete a construir naquele momento. Trata-se assim, de uma ocasião privilegiada, reunindo o pensamento e a ação de uma pessoa, ou de um grupo, no esforço de elaborar o conhecimento de aspectos da realidade que deverão servir para a composição de soluções propostas aos seus

problemas. Esse conhecimento é, portanto, fruto da curiosidade, da inquietação, da inteligência e da atividade investigativa dos indivíduos, a partir e em continuação do que já foi elaborado e sistematizado pelos que trabalharam o assunto anteriormente (LUDKE; ANDRÉ, 1986, p. 2).

A pesquisa precisa ser aproximada da vida diária do educador, tornando-se um instrumento de enriquecimento do seu trabalho. Desmitificando algo privilegiado além de sua realidade histórica e assim, entender como atividade que requer habilidades e conhecimentos científicos. Como atividade humana, é importante lembrar que pesquisa carrega entre outros, interesses e princípios para orientar o pesquisador. Baseado na sua inserção temporal, a sociedade e a época são pontos de partida e, também, pressupostos para orientar seu pensamento e assim, nortear sua abordagem de pesquisa. O estudo dos fenômenos educacionais sofreu influência da evolução nas ciências e por muito tempo tentaram seguir isolados como acontece com um fenômeno físico, de preferência num laboratório com variáveis que pudessem também ser isoladas, para se constatar a influência exercida no fenômeno em questão. E essa noção de variável com dimensão quantitativa prevalece com destaque nos livros de metodologia, apresentando os princípios que orientam a abordagem predominante nas pesquisas educacionais há muito tempo (LUDKE; ANDRÉ, 1986).

Teixeira (2020) defende o termo Pesquisa de Natureza Interventiva (PNI) no conjunto das pesquisas educacionais como:

[...] modalidades de investigação úteis para gerar conhecimentos; testar teorias em contexto concreto; gerar e testar produtos, processos e recursos educacionais; analisar processos colaborativos, práticas alternativas e inovadoras em ambientes de ensino e aprendizagem etc. (TEIXEIRA, 2020, p. 141).

Como asseveram Lüdke e André (2013) tal pesquisa se baseia na perspectiva de encontrar “uma legítima e finalmente dominante preocupação com os problemas do ensino” (Lüdke e André, 2013, p. 9). Para Teixeira (2020) o desenvolvimento de PNI está alinhado às tendências atuais do campo de pesquisas educacionais. É nesse contexto que Teixeira (2020) reflete sobre a crescente realização de pesquisas de natureza interventiva como “fenômeno gerador também da pluralidade de terminologias utilizadas por pesquisadores, educadores e especialistas na área de



metodologia de pesquisa, para se referirem a esse conjunto de investigações” (TEIXEIRA, 2020, p. 141).

Considerando os pontos aqui destacados sobre PNI, nossa proposta foi elaborada unindo o conteúdo do currículo básico do ensino médio da Rede Estadual do Espírito Santo a uma sequência de ensino investigativo (SEI). As aulas acompanhavam o livro didático da terceira série escolhido pela escola, norteado pelo currículo estadual, no qual realizamos um estudo prévio sobre a origem microscópica do magnetismo até uma definição mais aprofundada de magnetismo causado por correntes em fios condutores.

Por fim, as etapas da SEI foram delineadas e planejadas para um ambiente que promova o debate e a participação efetiva dos estudantes em processos de reflexão e produção de conhecimento na sala de aula. E cada etapa da SEI tinha como um dos objetivos a análise da contribuição do ambiente escolar, atrelado a atividades investigativas para a construção do conhecimento científico dos sujeitos envolvidos na pesquisa.

#### 4.2 O CONTEXTO ESCOLAR E OS SUJEITOS DA PESQUISA

Nossa pesquisa foi realizada na Escola Estadual Ensino Fundamental e Médio Marinete de Souza Lira, localizada à Rua Vitória Régia, s/n, Bairro Feu Rosa, Município de Serra, Estado do Espírito. As duas turmas da terceira série do Ensino Médio, do turno matutino, que aplicamos a SEI apresentavam um total 87 alunos regularmente matriculados na instituição de ensino, no ano letivo de 2021. Para a realização da pesquisa os responsáveis pelos alunos autorizaram, a partir da assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido que se encontra no Apêndice A. Para que não aconteça a possibilidade de identificação dos sujeitos envolvidos na pesquisa, o anonimato foi preservado e as informações coletadas durante o desenvolvimento do estudo foram utilizadas apenas na realização da pesquisa.

A escola funciona no turno matutino com o ensino médio regular com 6 turmas de 1ª série, 5 turmas de 2ª série e 4 turmas de 3ª série. A comunidade atendida nessa unidade de ensino é constituída por alunos provenientes dos bairros Feu Rosa, Vila Nova de Colares, Nova Zelândia, Chácara Maringá e adjacências, vindos de lares cuja renda familiar, em média, chega a dois salários mínimos. Com condições socioeconômicas desfavoráveis, apresentam problemas tais como: dificuldade de aprendizagem, problemas de saúde e nutrição, defasagem na faixa etária, problemas disciplinares, entre outros. A professora-pesquisadora é moradora do bairro e professora a mais de uma década na escola.

### 4.3 CONSTRUÇÃO DA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Neste capítulo, delineamos um conjunto de atividades investigativas que fazem parte do nosso repertório, para ensinar conceitos de magnetismo de uma forma que privilegie a participação e a autonomia dos educandos.

A sequência didática proposta apresenta os conteúdos e as atividades que foram escolhidas para a aplicação nas turmas. Os conteúdos sobre magnetismo seguem as orientações do CBC (Currículo Básico Comum) do Estado do Espírito Santo no qual o conteúdo de eletromagnetismo deve ser trabalhado em um dos temas estruturadores do ensino da Física denominado: “equipamentos elétricos e as telecomunicações”.

O tema permite o domínio de algumas competências, como por exemplo, compreender fenômenos magnéticos para explicar, por exemplo, o magnetismo terrestre, o campo magnético de um ímã, a magnetização de materiais ferromagnéticos ou a inseparabilidade dos polos magnéticos, reconhecer a relação entre fenômenos magnéticos e elétricos, para explicar o funcionamento de motores elétricos e seus componentes; interações envolvendo bobinas e transformações de energia presentes em muitos equipamentos que fazem parte do cotidiano do aluno.

#### 4.3.1 A Sequência de Ensino Investigativa

Nossa proposta é baseada numa SEI que contempla o conteúdo magnetismo distribuído ao longo de 12 aulas, em que podemos destacar as seguintes etapas: questionário prévio, leitura de texto, demonstração investigativa, questões abertas, problemas abertos e laboratório aberto. Para todas as etapas foram construídos atividades e experimentos que levassem em consideração o potencial do aluno no desenvolvimento conceitual.

Vale mencionar que os estudantes precisam estar cientes da participação na SEI. Por isso planejamos uma aula com o objetivo de apresentar a proposta de trabalho para que ocorra o envolvimento do aluno em cada etapa da sequência.

#### 4.3.1.1 Aula1: Questionário Prévio

Começamos nossa proposta com a aplicação de um questionário prévio que tem por objetivo identificar os saberes dos aprendizes sobre magnetismo por meio de avaliação diagnóstica (Apêndice D). Esse questionário possui 12 questões de múltipla escolha tiradas de vestibulares. Carvalho (2014), por exemplo, chama à atenção para o papel do professor na construção de uma sequência didática incorporado a uma proposta sociointeracionista, pois quando o pesquisador discute a construção do conhecimento e de habilidades dentro das zona de desenvolvimento proximal (ZDP) torna-se importante o papel dos conhecimentos iniciais dos alunos.

Os conceitos espontâneos dos alunos, às vezes com outros nomes como conceitos intuitivos ou cotidianos, são uma constante em todas as propostas construtivistas, pois 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, 2019, p. 6).

A avaliação proposta contém questões sobre os conceitos que serão trabalhados ao longo da sequência investigativa e a cada questão aumentamos o grau de dificuldade.

#### 4.3.1.2 Aula 2: Leitura de textos

Nesta aula optamos por utilizar um texto (Apêndice E) sobre a descoberta do magnetismo e magnetização de um material. O objetivo principal do texto é trabalhar com os conceitos, características, propriedades, processos de imantação, classificação dos materiais de acordo com o comportamento magnético e construção da bússola.

Assim, entregamos o material impresso para leitura e posterior discussão. Esperamos que após a leitura do texto os alunos percebam que o ímã é encontrado com as propriedades de atração e repulsão na natureza, e é conhecido há muitos anos. Também esperamos que passem a conhecer a cronologia de como chegamos ao conhecimento científico que temos hoje, assim como as características dos polos magnéticos e suas propriedades.

Além disso, a partir da leitura dos textos os alunos conhecerão alguns cientistas que trabalharam em experiências expostas em tratados e livros onde foi registrada a ciência que estuda as propriedades do magnetismo. Esses estudos denominaram os polos do ímã como polos “norte” e “sul” e explicaram suas propriedades de atração e repulsão chegando até a visão microscópica.

O texto 1, por exemplo, mostra a classificação dos materiais de acordo com a capacidade de adquirir propriedades magnéticas pelo processo de imantação. No mesmo texto temos a bússola como uma conquista da humanidade, por seu papel fundamental nas navegações marítimas.

No texto, apresentamos a classificação desses materiais, onde é possível entender que alguns deles adquirem propriedades temporárias ou permanentes.

Assim, optamos por inserir textos históricos (adaptação da autora) no início da SEI “visando dar uma imagem correta da produção do conhecimento” (CARVALHO, 2014, p. 8). Neste sentido, entendemos que é importante envolver os educandos nos problemas e circunstâncias do acontecimento histórico.

E para complementar a sistematização do texto, além das discussões construímos um Questionário da Leitura de Texto (Apêndice F), com questões discursivas, para

os alunos aplicarem o conhecimento adquirido na leitura e nas interações de sala de aula.

#### 4.3.1.3 Demonstração investigativa

Na Demonstração Investigativa sobre o conteúdo de linhas de campo magnético, utilizamos ímãs em diferentes formatos, limalhas de ferro e uma placa de acrílico como plataforma para apresentar o comportamento das limalhas na presença do ímã. Além disso, disponibilizamos uma atividade (Apêndice G) com uma série de perguntas para registro das hipóteses antes das demonstrações. Para os alunos registrarem suas hipóteses, planejamos um tempo para cada pergunta.

Optamos pela utilização de demonstrações experimentais após as aulas introdutórias, com a intervenção do professor, onde são apresentados ímãs naturais e questões construídas para que o aluno possa elaborar hipóteses requer muito cuidado como assevera Carvalho:

Um cuidado no planejamento das Demonstrações Investigativas é a de buscar uma questão problematizadora que ao mesmo tempo desperte a curiosidade e oriente a visão dos alunos sobre as variáveis relevantes do fenômeno a ser estudado, fazendo com que eles levantem suas próprias hipóteses e proponham possíveis soluções (CARVALHO, 2014, p. 8).

A Demonstração Investigativa (Apêndice G) contribui na formulação de hipóteses e conclusões por parte dos alunos pois durante a aplicação “deve ser dada oportunidade aos alunos de exporem individualmente, o que aprenderam por meio de trabalho escrito e/ou desenhado” (CARVALHO, 2019, p. 14).

Essa etapa da SEI tem como objetivo investigar como se comporta as linhas de campo magnético de diferentes ímãs permanentes. Para tanto buscamos trabalhar com discussões até chegar às explicações do fenômeno estudado. Desta forma, esperamos que a aula promova a assimilação por parte dos alunos, do conteúdo linhas de campo magnético, por meio de uma atividade investigativa.

Na Demonstração Investigativa os alunos poderão relacionar o que aprenderam no texto da aula anterior com o que será observado. No texto, havia a informação de

que no ímã existem dois polos magnéticos que atraem ou repelem objetos ferromagnéticos por meio de uma propriedade que não foi explicitada. Assim, o aluno poderá identificar essas propriedades visualmente usando as limalhas de ferro.

Por fim, para realizar a atividade é bom que os ímãs escolhidos tenham os polos magnéticos identificados. Porém, se os polos magnéticos não estão nomeados o professor pode marcá-los com fitas em cores diferentes.

#### 4.3.1.4 Questões abertas

Para a etapa de Questões Abertas, a turma será dividida em grupos e será aplicada uma atividade com 7 (sete) questões (Apêndice H). O objetivo é desenvolver a capacidade argumentativa do aluno propondo questões relacionadas ao cotidiano do mesmo, problematizadas, e cuja explicação esteja ligado ao conceito discutido e construído nas aulas anteriores (CARVALHO, 2014). Uma vez realizada a atividade, abriremos o debate entre os alunos, afim de oportunizar discutir suas respostas.

As questões abertas se assemelham aos problemas, com a diferença de que não pretendem que o aluno chegue às relações matemáticas entre as grandezas envolvidas. Ao discutir e buscar a resposta de uma questão aberta, os alunos utilizam os conceitos em uma situação ainda não discutida, nem usada como exemplo em sala de aula, justificando teoricamente a resposta (CARVALHO, 2014).

#### 4.3.1.5 Problemas abertos

Os Problemas Abertos contidos na SEI têm como objetivo principal observar e entender o campo magnético criado por uma corrente elétrica em um fio condutor. Para isso, a atividade contará com a explanação e a construção do experimento de Oersted abordando a Lei de Ampere e a Regra da Mão Direita e culminará com a construção de um eletroímã (Apêndice I).

Seguindo a divisão pré-estabelecida dos grupos, distribuiremos os materiais da seguinte forma: no primeiro momento (problema aberto 1) um kit com fio, bateria e

bússola; e no segundo momento (problema aberto 2) materiais como fios, pilhas e objetos com diferentes propriedades magnéticas. Além disso, junto com os materiais, distribuiremos roteiros problematizadores para os alunos registrarem as observações dos experimentos (Apêndice I).

#### 4.3.1.6 Laboratório aberto

A etapa Laboratório Aberto (Apêndice J) tem como principal objetivo levar os alunos a procurarem uma solução experimental ao problema proposto, utilizando novos métodos de trabalho como a discussão dos conceitos com os pares do grupo, negociação das decisões a serem tomadas, bem como a discussão do resultado esperado.

Assim, incluímos esta etapa para que o aluno ponha em prática o conhecimento que adquiriu ao longo da SEI. Com base em Borges (2002) desenvolvemos esta atividade utilizando o nível 2 de investigação apresentado no Capítulo 2.

De modo mais específico, esta atividade tem por objetivo propor uma investigação experimental na forma de um laboratório aberto sobre campo magnético, em que o procedimento e a conclusão são construídos pelo grupo. Seguindo a divisão pré-estabelecida dos grupos, através de uma ficha entregue aos alunos, apresentamos uma situação-problema que eles discutem utilizando o kit experimental que disponibilizamos. Os alunos definem os materiais do kit que serão utilizados, escolhendo assim o roteiro a ser seguido.

Para a elaboração do roteiro (Apêndice J) entregamos ao grupo materiais como fio de cobre, bateria, pilha, ímã, bússola e folhas de papel A4. Assim, com a bússola na direção norte-sul da Terra o aluno fará uma marcação no papel A4 indicando os pontos cardiais. Na sequência, o aluno aproximará um ímã pequeno arrastando-o sobre a linha perpendicular à agulha da bússola de modo que ela se incline fazendo um ângulo de 45 graus com a direção leste-oeste. O aluno anotará a distância que o ímã está da bússola para que isso ocorra medindo o ângulo a partir de um transferidor. Depois, utilizando o fio esmaltado e a pilha, o aluno tem que criar um campo magnético forte o suficiente para que, quando o objeto for colocado na

posição onde estava o ímã, ele possa produzir na agulha da bússola o mesmo deslocamento angular produzido pelo ímã.

Carvalho (2014) propõe que uma investigação experimental onde os alunos resolvem um problema sem uma resposta conhecida não seja caracterizado como um problema. Segundo a autora:

Seu objetivo não é provar o que os alunos já aprenderam nas aulas teóricas, mas, ao contrário, é levá-los a procurar uma solução experimental, utilizando-se de outras de linguagens da ciência como construir tabelas com dados experimentais, isto é, escolher as variáveis importantes no fenômeno físico estudado e procurar estabelecer relações entre essas variáveis, construir gráficos, isto é, procurar qual a estrutura matemática que relaciona essas variáveis. O Laboratório Aberto procura complementar a alfabetização científica dos alunos (CARVALHO, 2014, p. 71).

Desta forma, com a atividade podemos levantar e discutir hipóteses sobre campo magnético criado por fios e buscar a relação entre campo magnético e o número de enrolamentos do fio de cobre. Além disso, podemos discutir a dependência do campo magnético com a distância à bússola, através de tabelas e gráficos dos dados coletados.

#### 4.3.1.7 Avaliação da aprendizagem

Para finalizar a SEI aplicamos o Questionário Final para a avaliação formal do conteúdo. Para efeitos de comparação aplicamos o mesmo questionário que foi utilizado no Questionário Prévio (Apêndice D), com o objetivo averiguar os conteúdos assimilados pelos alunos referentes ao tema estudado.

Aqui, vale mencionar que realizamos a sistematização do conhecimento em todas as etapas da proposta didática, em que os alunos em grupo, discutiram o que foi realizado durante a aula, para chegar ao objetivo da atividade. Depois a mesma sistematização do conhecimento foi feita com a turma toda. Desta forma, as contribuições de cada grupo foram compartilhadas com a turma toda e a solução final foi construída a partir dessas contribuições.



Uma avaliação pensada como formativa, realizada no decorrer da aplicação da SEI, tem a finalidade também de proporcionar oportunidades para uma autoavaliação por parte dos alunos, cabendo ao professor orientá-los no reconhecimento de seus avanços e nas conquistas que, ainda, precisam ser alcançadas (CARVALHO, 2019, p. 19).

Assim, no final queremos promover no aluno o entendimento de que a Física não é só a ação de detalhar o fenômeno, mas algo como a verdade que se quer chegar ou um problema o qual pretende-se resolver. Pois, como afirma, Carvalho “é na passagem das relações qualitativas entre as variáveis para a sistematização em uma fórmula que o conceito se estabelece” (CARVALHO, 2014, p. 10).

#### 4.3.1.8 Questionário de opinião

Após aplicação da SEI, propomos verificar a satisfação de nossos alunos com um questionário de opinião para avaliação da proposta. Elaboramos um questionário com dez perguntas objetivas (Apêndice L) sobre as etapas da SEI no qual, em uma escala de 0 a 5, zero é ruim e 5 é ótimo. Ao final do questionário foi solicitado uma resposta em aberto quanto ao uso do que aprenderam em seu cotidiano.

Abaixo segue uma tabela em que estão condensadas as etapas de aplicação da SEI objeto da presente dissertação.

Quadro 2 - Resumo da Sequência de Ensino Investigativa.

(continua)

ETAPA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE
1	50	Apresentação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar e Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)</li> </ul>
2	50	Investigando o conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar um questionário inicial para verificação dos conhecimentos prévios dos alunos.</li> </ul>
3	100	Leitura de Texto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Promover a leitura.</li> <li>• Apresentar os conceitos com uma linguagem formal.</li> <li>• Promover o debate.</li> <li>• Avaliar o conteúdo conceitual.</li> </ul>

4	55	Demonstração investigativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apresentar o problema relacionado ao tema linhas de campo magnético.</li> <li>• Despertar o interesse para o estudo de linhas de campo magnético.</li> <li>• Estimular as atividades em grupos.</li> <li>• Elaborar hipóteses.</li> <li>• Promover o debate.</li> <li>• Avaliar o conteúdo conceitual.</li> </ul>
5	100	Questões abertas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desenvolver a capacidade de reflexão e organização.</li> <li>• Estimular o uso da linguagem científica.</li> <li>• Promover o debate.</li> <li>• Avaliar o conteúdo conceitual.</li> </ul>
6	100	Problemas abertos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relacionar conceitos físicos com a linguagem matemática.</li> <li>• Promover o debate.</li> <li>• Avaliar o conteúdo conceitual.</li> </ul>
7	100	Laboratório aberto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solucionar problemas.</li> <li>• Levantar hipóteses.</li> <li>• Elaborar um plano de trabalho.</li> <li>• Montar o experimento.</li> <li>• Coletar e analisar os dados.</li> <li>• Promover o debate.</li> <li>• Avaliar o conteúdo conceitual, procedimental e atitudinal.</li> </ul>
8	40	Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar o conteúdo conceitual, procedimental e atitudinal.</li> </ul>
9	10	Questionário de opinião	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliar a sequência de ensino investigativa.</li> </ul>

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

#### 4.4 PROCEDIMENTOS DE PRODUÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

##### 4.4.1 Análise de dados da pesquisa

Os dados contidos nessa pesquisa foram coletados através dos questionários e do diário de bordo das atividades investigativas, realizadas pelos estudantes durante as etapas da SEI. Com o intuito de oferecer evidências sobre a aprendizagem conceitual, procedimental e atitudinal dos estudantes o recurso utilizado foi explicitado nas atividades.

Os Questionários Prévio e Final, que são os mesmos, nos ofereceram os dados referentes à análise da aprendizagem conceitual proporcionado pela proposta. Como a pesquisa é pautada na visão sociocultural, que trata das interações produzidas em sala de aula entre professor-aluno, aluno-aluno e aluno-objeto, os processos de aprendizagem são importantes para se compreender as relações de ensino.

Os dados referentes à análise do processo, isto é, aprendizagem procedimental e atitudinal ocorreram na sala de aula no laboratório de Ciências onde realizamos as atividades em grupos de até 4 componentes. Assim, enquanto os alunos realizavam as atividades, gravamos em áudio e vídeo as aulas. Além disso, registramos informações do processo em um diário de bordo, para auxiliar nas análises desses dados.

Assim, procuramos analisar, por meio das interações discursivas na sala de aula, o processo de construção de conceitos científicos e o desenvolvimento de atitudes e procedimentos em uma aula de física fundamentada nos pressupostos do ensino por investigação.

#### 4.4.1.1 Descrição dos materiais

No planejamento da SEI também definimos quais conteúdos serão trabalhados e os objetivos que pretendemos alcançar com tais ações. Essas ações não podem acontecer improvisadamente, isto é, sujeitas a vontade do professor num momento de sala de aula, pois está no ato de planejar as ações para o ensino e a aprendizagem que se percebe a necessidade de materiais curriculares para o uso nas etapas da intervenção, também, como apresentar e qual aspecto se adapta a cada momento para o aluno esses materiais. Segundo Zabala:

Os materiais curriculares ou materiais de desenvolvimento curricular são todos aqueles instrumentos que proporcionam ao educador referências e critérios para tomar decisões, tanto no planejamento como na intervenção direta no processo ensino/aprendizagem e em sua avaliação (ZABALA, 1998, p. 167).

A intervenção aqui proposta considera a abordagem do ensino por investigação, desenvolvendo uma SEI com atividades investigativas como textos, demonstração investigativa, questões e problemas abertos e laboratório aberto sobre o tema magnetismo com a participação ativa e direta dos alunos em todos os momentos das atividades.

Aqui cabe mencionar que a interação entre os sujeitos (professor e alunos) da pesquisa em algumas atividades foi desenvolvida em grupo, com diferentes funções (propor, orientar, exemplificar, etc.) para cada atividade.

Para potencializar o relacionamento entre ensino e aprendizagem, pensamos em utilizar suportes de diferentes tipos e formas como quadro branco, experimentos, material impresso, componentes eletroeletrônicos, bússola, etc. para cada atividade investigativa proposta. Assim, a Sequência de Ensino Investigativa constitui, portanto, o produto do mestrado profissional planejado e desenvolvido especificamente para essa pesquisa (Apêndice N).

Quadro 3 - Materiais usados em cada etapa da Sequência de Ensino Investigativa

ETAPA	ATIVIDADE	MATERIAIS
2	Questionário prévio	Material impresso.
3	Leitura de texto	Material impresso.
4	Demonstração investigativa	Placa de acrílico; ímãs de diferentes formatos; limalhas de ferro; cilindro de acrílico; vaselina líquida; material impresso.
5	Questões abertas	Material impresso.
6	Problemas abertos	Fios de cobre; baterias; pilhas; placas de acrílico; conectores de bateria; canudos de plásticos, madeira alumínio, pregos e grafite; bússola; Material impresso.
7	Laboratório aberto	Material impresso, régua, bússola, fios de cobre, pilhas e baterias.
8	Avaliação	Material impresso.
9	Questionário de opinião	Material impresso.

Fonte: Elaborada pela autora (2021)

#### 4.4.2 Os instrumentos de coleta de dados

Durante a aplicação da SEI, coletamos os dados utilizando questionários e gravações de áudio e vídeo. Para analisar a aprendizagem conceitual, isto é, a

evolução do entendimento do estudante em conteúdos, usamos o questionário inicial e final, bem como as fichas das atividades investigativas. Para analisar as atitudes e os procedimentos dos estudantes na resolução dos problemas propostos coletamos dados das gravações em áudio, e as anotações observadas num diário de bordo enquanto eles realizavam as atividades.

#### **4.4.3 Método de análise dos dados do Laboratório Aberto**

Aqui, cabe mencionar que propomos a etapa Laboratório Aberto para analisar a aprendizagem de procedimentos e atitudes. Da pesquisa em Ensino de Ciências sabemos que procedimentos e atitudes se tornam evidentes numa atividade investigativa pois os alunos se engajam na resolução do problema, sendo guiados e motivados pelo professor (AZEVEDO, 2004).

Para coletar os dados para a análise, utilizamos a gravação de áudio e a transcrição da aula após o seu término. Desta forma, o áudio e as transcrições se tornaram elementos fundamentais para a pesquisa, uma vez que, o saber procedimental está relacionado ao **saber fazer** e o saber atitudinal está relacionado ao **saber ser**.

Assim, para analisar as atitudes e os procedimentos usaremos a categorização proposta por Souza (2014, p.89), mostrada no Quadro 3, baseada e adaptada de Pozo, Gómez-Crespo (2009).

Assim, no Capítulo 5, mais precisamente na seção que trata do relato do Laboratório Aberto, utilizaremos os diálogos produzidos durante a atividade, organizados em episódios para fazermos a análise do desenvolvimento dos procedimentos e atitudes. Então, quando identificarmos uma atitude (**A**) ou procedimento (**P**) nas falas dos alunos usaremos a classificação do Quadro 4. Além disso, para a análise das interações discursivas também nos apoiaremos no trabalho de Silva Jr. e Coelho (2018).

Vale a pena mencionar que de acordo com Pozo e Gómez-Crespo (2009) os conteúdos atitudinais são bem difíceis de serem abordados pelos pesquisadores,

uma vez que, tratam da mudança de comportamento e valores, ou seja, estão ligados ao ser do aluno

Quadro 4 - Procedimentos e atitudes empreendidas em cada episódio. (Produzido por Souza (2014) adaptado a partir de Pozo; Gómez-Crespo, 2009).

TIPOS DE APRENDIZAGENS	CATEGORIAS DE APRENDIZAGENS	APRENDIZAGENS INFERIDAS AO LONGO DA ATIVIDADE
Atitudinal	Atitudes com respeito à ciência	A1: Ter um posicionamento crítico e investigativo perante situação-problema
	Atitudes com respeito à aprendizagem de ciências	A2: Trabalhar em grupo de forma colaborativa A3: Buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças
Procedimental	1. Aquisição da informação	P1: Estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral
	2. Interpretação da informação	P2: Interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos
	3. Análise da informação e realização e inferências	P3: Elaborar Hipóteses P4: Desenvolver/Aplicar modelos explicativos P5: Testar hipóteses
	4. Compreensão e organização conceitual da informação	P6: Realizar inferências P7: Construir sínteses P8: Fazer Generalizações para outros contextos
	5. Comunicação da Informação	P9: Realizar exposição oral P10: Elaborar relatório

Fonte: Souza (2014, p.89).

A SEI desenvolvida neste trabalho se propõe ao ensino do magnetismo, previsto no plano anual de Física da 3ª série do ensino médio pelo Currículo Básico Comum (CBC). Devido à pandemia do novo coronavírus, o plano anual foi reorganizado pelo continuum curricular 2020-2021, o qual programou para o primeiro trimestre de 2021 o resgate de conhecimentos e habilidades da série anterior. Dessa forma, a carga horária da sequência de atividades prevista precisou ser redistribuída - sem ônus - entre as disciplinas de Física, Matemática, Eletiva e Projeto de Vida.

Seguindo os protocolos da pandemia, precisamos separar os alunos em grupos menores e, conseqüentemente, ajustar o calendário de atividades (Apêndice M). Ao todo, aplicamos as nove etapas da SEI - apresentação, questionário prévio, leitura de texto, demonstração investigativa, questões abertas, problemas abertos, laboratório aberto, avaliação e questionário de opinião - em 7 semanas alternadas entre o 1º e 2º trimestre.

Ao longo das etapas, buscamos trazer elementos que demonstrassem a evolução dos alunos nos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais. Após a apresentação da proposta didática, temos a etapa dois, composta de um questionário objetivo, para mensuração do conhecimento prévio dos alunos, analisado estatisticamente. Das etapas três até seis, avaliamos o conteúdo conceitual, trazendo transcrições de falas e pedaços das respostas escritas dos alunos. Assim podemos observar a aquisição do vocabulário científico e compreensão dos conceitos trabalhados pela linguagem dos estudantes.

Nas etapas sete e oito, nosso objetivo amplia-se para avaliar os ganhos procedimentais e atitudinais. Carvalho (2019, p. 19) aponta a observação e o registro como instrumentos de avaliação fundamentais, cabendo ao professor em sala observar indicadores, tais como “se [os alunos] colaboram entre si na busca da solução do problema, se apresentam comportamento que indica uma aprendizagem atitudinal e se eles discutem buscando ideias que servirão de hipótese e a testam”.

Por fim, podemos concluir que a SEI provoca uma mudança na relação de ensino-aprendizagem, ou melhor, na relação entre aluno e professor, pois torna o aluno um construtor ativo de seu conhecimento. Essa mudança sempre é percebida e, algumas vezes, apreciada pelo aluno. Também salientamos a importância da inclusão das sequências investigativas desde as séries do fundamental (BORGES, 2002, p. 306), para construir progressivamente a atitude científica nos alunos.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO – O PRODUTO EDUCACIONAL

As atividades da SEI foram desenvolvidas obedecendo ao protocolo que a Secretaria de Educação do Estado do Espírito Santo (SEDU) orientava. Por isso, as atividades impressas foram produzidas e entregues individualmente, mesmo que em sala os alunos a discutiram mantendo o distanciamento e podemos observar que ao transcrever cada aluno apresentava sua interpretação do que discutiam durante a atividade.

Quanto aos experimentos, em algumas atividades houve manuseio individual. No Laboratório Aberto quando houve necessidade de dois alunos manusearem o mesmo experimento o álcool estava sempre por perto.

E, quanto à divisão de turmas foi apresentado em uma planilha e houve momentos em que precisamos juntar as turmas, dois grupos A ou B das turmas 3M01 e 3M02 formavam uma turma com 21 alunos o que estava de acordo com os protocolos da SEDU. Essas novas adaptações não aconteceram como o previsto inicialmente e nos mostrou como é preciso avaliar outras perspectivas para alcançar o objetivo da atividade proposta.

### 5.1 ETAPA 1: APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DIDÁTICA

No primeiro dia de aula do ano letivo, apresentamos para as turmas 3M01 e 3M02 o conteúdo da disciplina a ser trabalhada durante o ano e a sequência de ensino por investigação (SEI) sobre o tema de magnetismo, que faz parte do currículo da série e falamos de sua importância para o Enem e para seu cotidiano.

Apresentado as etapas da SEI, salientamos a necessidade do compromisso de participação de cada um para que objetivo da pesquisa fosse alcançado e que os alunos apresentariam suas ideias por meio de interações escritas e orais. Visto que “a divulgação do que é realizado tem importância no âmbito das Ciências” (CARVALHO, 2019, p. 4), a apresentação dessas ideias faz parte do trabalho de construção do conhecimento em discussão.



## 5.2 ETAPA 2: QUESTIONÁRIO PRÉVIO

Com o propósito de identificar os saberes dos aprendizes sobre magnetismo, aplicamos uma avaliação diagnóstica sobre os conteúdos trabalhados na sequência no dia 08/02/2021.

Ao elaborarmos a SEI o dia letivo contava com cinco aulas de 55 minutos, porém no ano de aplicação da proposta passamos a ter seis aulas de 50 minutos. Além disso, levando em consideração que os alunos estavam voltando de um período de ensino remoto, optamos pela leitura das perguntas para os alunos e, em seguida, o tempo cronometrado para responderem as questões. E com isso, a proposta precisou de mais tempo dividindo a etapa em duas aulas de 50 minutos.

Aplicamos o Questionário Prévio contendo 12 questões objetivas cronometrando em 5 minutos o tempo de resposta. Zabala (1998) assevera que essas tarefas são úteis para avaliar o domínio ou o conhecimento dos fatos, assim como o tempo de resposta e a segurança para responderem permitem conhecer o grau de competência do aluno contribuindo para as próximas etapas da SEI.

Para apresentar os dados coletados com a aplicação do Questionário Prévio (APÊNDICE D) com índices de acertos e erros, e como as opções escolhidas foram influenciadas por interações entre professor-aluno e aluno-aluno utilizamos tabelas e gráficos com um panorama geral de cada turma.

Na Tabela 1 apresentamos os índices por aluno da turma 3M01 com 24 alunos participantes e suas respostas.

Tabela 1 - Classificação do questionário prévio com acertos (A) e erros (E) por aluno  
(Continua)

QUESTIONÁRIO PRÉVIO - 3M01														
ALUNOS	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	(%) ACERTOS	(%) ERROS
1	B	B	D	D	A	C	B	C	D	D	A	A	17	83
2	E	E	C	D	A	B	D	B	B	E	C	D	33	67
4	A	B	E	D	D	A	D	B	D	A	D	D	42	58
5	A	C	C	B	E	A	D	B	C	D	C	D	25	75

7	A	C	C	B	D	B	B	C	B	B	E	D	58	42
8	B	B	A	B	B	B	D	C	A	C	D	D	25	75
9	B	B	D	B	B	C	D	D	D	D	C	D	8	92
10	E	B	D	B	B	A	D	D	D	C	C	D	8	92
12	B	C	B	A	E	B	B	D	D	B	E	D	42	58
13	C	C	C	D	E	C	C	D	B	C	E	B	25	75
14	B	B	D	D	E	B	B	D	B	A	A	D	42	58
15	A	C	E	B	E	B	C	A	B	C	D	D	67	33
19	A	B	A	D	D	B	B	C	B	B	D	D	67	33
20	B	B	C	D	D	E	C	C	B	B	D	D	42	58
21	B	B	C	D	E	B	D	B	B	D	C	D	33	67
24	A	B	A	B	A	A	D	A	B	E	D	D	42	58
26	B	B	C	B	E	D	D	C	D	D	D	D	17	83
27	E	B	D	E	E	B	E	D	D	D	D	D	25	75
28	A	B	D	B	D	B	D	C	D	D	D	D	33	67
30	B	C	A	C	D	A	D	C	B	E	D	D	33	67
31	A	E	C	B	A	B	D	C	D	D	D	C	25	75
32	B	C	C	B	A	A	D	D	B	E	D	D	33	67
33	C	D	C	D	A	A	B	D	C	D	D	B	25	75
42	A	B	A	B	A	A	D	B	B	D	B	D	25	75

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Na Tabela 2 apresentamos os índices por aluno da turma 3M02 com 25 alunos participantes e suas respostas.

Tabela 2 - Classificação do questionário prévio com acertos (A) e erros (E) por aluno

(Continua)

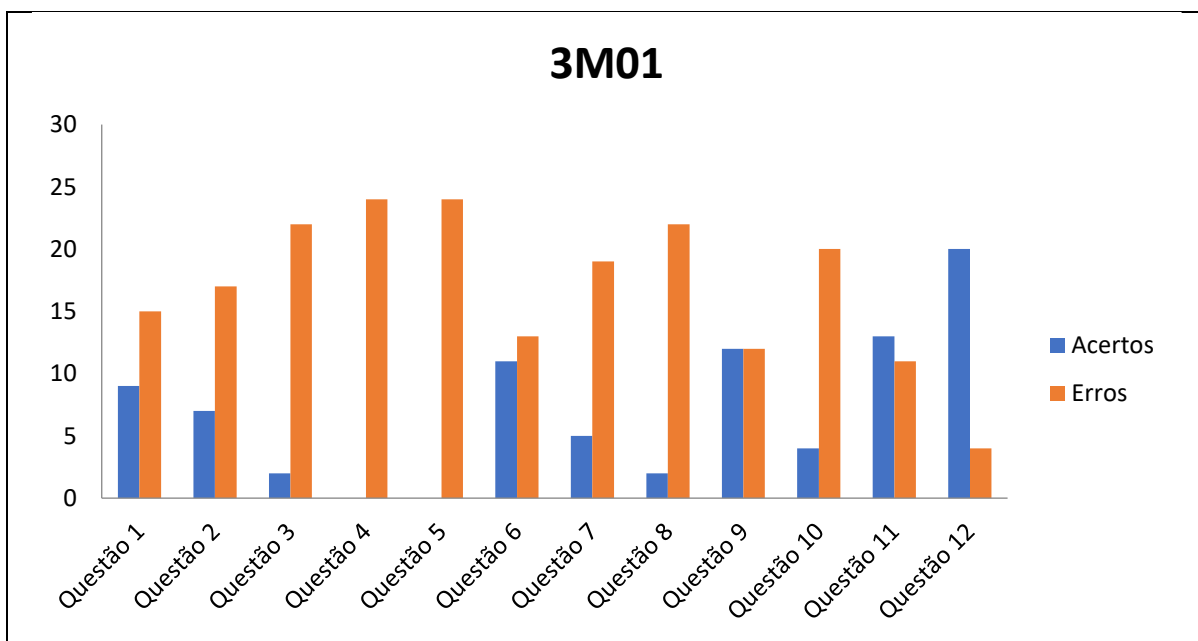
QUESTIONÁRIO PRÉVIO - 3M02													(%)	(%)
ALUNOS	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	ACERTOS	ERROS
1	C	D	C	B	D	B	D	D	D	D	D	E	17	75
2	C	E	B	A	E	C	D	E	B	A	C	D	17	83
5	A	B	D	B	E	B	D	C	B	C	D	D	42	58
7	A	C	C	D	A	B	C	D	A	B	D	E	50	50
8	C	D	E	B	C	B	E	D	A	A	B	D	33	67
9	E	D	D	E	E	B	D	A	B	E	D	D	42	58
10	B	A	B	B	E	B	D	C	D	D	A	D	17	83
11	A	C	C	B	D	B	D	D	D	E	D	D	42	58
13	A	C	D	B	D	B	D	D	B	D	C	D	42	58
14	E	B	B	C	B	E	D	D	D	C	B	C	0	100
16	A	C	D	B	E	B	D	D	C	E	D	D	42	58
17	D	B	D	D	D	B	D	C	C	E	A	D	25	75
19	B	C	E	D	B	D	D	D	B	D	D	D	50	50
20	C	A	D	D	E	B	D	D	B	E	A	D	33	67

23	B	A	D	B	D	B	B	A	B	C	D	D	50	50
24	B	C	C	C	C	A	D	D	D	D	B	D	25	75
25	E	C	E	B	D	B	D	C	B	C	C	A	33	67
27	B	B	D	B	C	A	D	D	D	E	C	D	17	83
29	B	C	C	B	D	B	B	E	C	C	E	D	33	67
30	A	E	D	C	C	B	E	A	D	A	A	A	33	67
32	B	C	C	C	A	B	D	D	B	D	C	D	33	67
35	B	C	B	D	B	B	C	C	E	B	D	D	50	50
36	B	C	D	D	D	B	D	A	B	E	C	D	50	50
39	C	B	E	E	A	B	E	D	B	D	D	D	42	58
40	B	A	B	E	D	B	D	D	B	C	A	D	25	75

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A partir dos dados individuais dos alunos construímos os gráficos com os índices de acertos e erros por questão analisando o grau de competência dos alunos. Os resultados dessa análise estão descritos no Gráfico 3 para a turma 3M01.

Gráfico 3 - Quantidade de acertos e erros por questão do questionário prévio aplicado na turma 3M01.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Podemos inferir, a partir do gráfico da aplicação do Questionário Prévio, que a turma 3M01 possui pouco domínio sobre os conteúdos de magnetismo. Essa informação será levada em consideração na elaboração e aplicação da proposta didática.

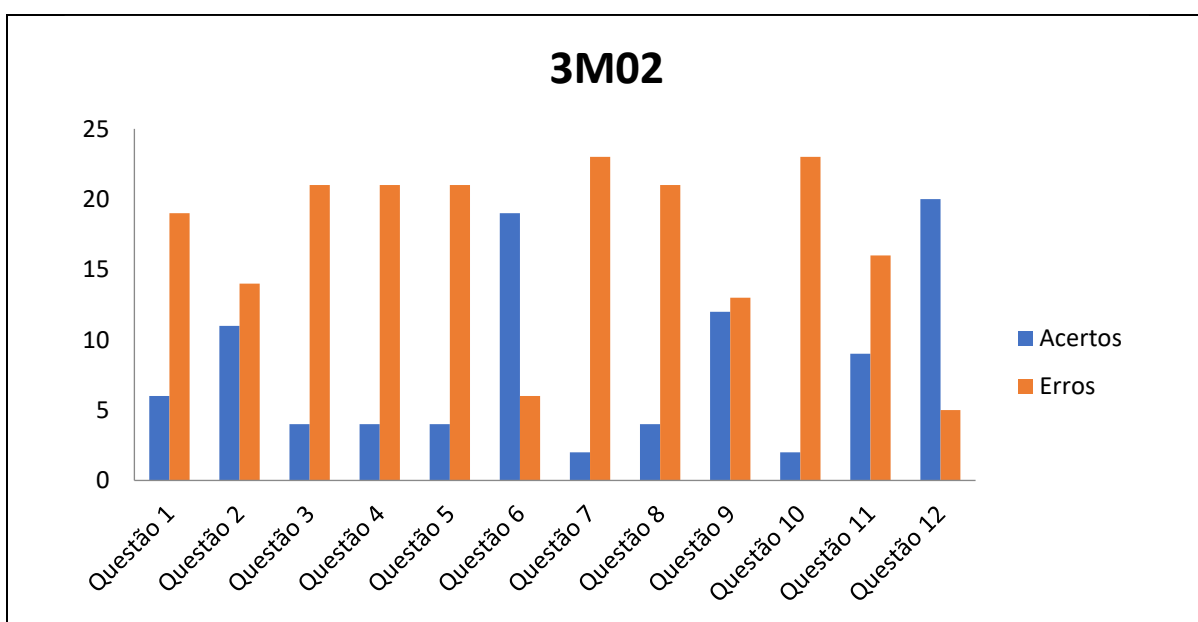
Além disso, observamos que nesta turma as questões 4 e 5 não tiveram acertos, o que revela que os alunos não têm a compreensão científica sobre o fenômeno do magnetismo dos materiais e magnetismo terrestre. Sendo assim, levamos essa informação em consideração quando da construção da proposta didática.

Na questão 9 o número de acertos foi igual ao número de erros sendo que a questão trata das propriedades do campo magnético. Assim, vimos que para reforçar esse tema tínhamos que acrescentar uma Demonstração Investigativa na SEI.

Na questão 12 a turma apresentou índice alto de acertos o que mostra que há indícios que os alunos possuem conhecimento prévio que o campo magnético é gerado por corrente elétrica.

A partir dos dados individuais dos alunos da turma 3M02, construímos os gráficos com os índices de acertos e erros por questão analisando o grau de assertividade dos alunos. Os resultados dessa análise estão descritos no Gráfico 4 para a turma 3M02.

Gráfico 4 - Quantidade de acertos e erros por questão do questionário prévio aplicado na turma 3M02.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Podemos deduzir a partir do Gráfico 4 que a turma 3M02 possui pouco domínio sobre os conteúdos de magnetismo. Visando trabalhar os conceitos espontâneos que segundo Carvalho: “são uma constante em todas as propostas construtivistas, pois 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, 2019, p. 6). Consideramos essas informações na elaboração e aplicação da proposta didática.

Na questão 6 a turma apresentou índice alto de acertos o que mostra que os alunos possuem conhecimento prévio sobre conceito de atração, repulsão e polos de um ímã.

Além disso, observamos na questão 12 que a turma 3M02 revela conhecimento prévio que o campo magnético é gerado por corrente elétrica por apresentar índice alto de acertos.

Assim, vemos que a aplicação do questionário de conhecimentos prévios convida o aluno a construir suas hipóteses e poder testá-las, ao resolver os problemas que se apresentaram nas etapas seguintes. Carvalho (2019) assinala que uma questão ou um problema precisa ser habitual e provocador para envolver o educando e permitir expor seus conhecimentos espontâneos sobre o assunto.

### 5.3 ETAPA 3: LEITURA DE TEXTOS

A etapa de Leitura de Textos (Apêndice E) foi aplicada no mês de fevereiro de 2021. Como assevera Carvalho (2019) esta etapa tem como objetivo aumentar o vocabulário e estruturar o discurso dos alunos.

A leitura contextualizada, com objetivos bem-definidos e função social, é viabilizada a partir de cursos e respectivas propostas pedagógicas apoiados no protagonismo do aluno como construtor de seu conhecimento. Assim, em aulas de Ciências que têm por objetivo a problematização e o ensino por investigação, o texto exerce a função de aproximar o aluno dos conceitos científicos (CARVALHO, 2019, p. 78).

Nessa etapa, entregamos o texto sobre a descoberta do magnetismo e magnetização dos materiais e, ao terminarem a leitura os alunos responderam um questionário com oito perguntas discursivas baseadas no conteúdo dos textos.

Levando em consideração o perfil dos alunos das duas turmas atribuímos a essa etapa o tempo de 100 minutos, duas aulas geminadas, com período de 15 minutos para a leitura individual, 20 minutos para uma discussão coletiva entre professora-aluno e aluno-aluno e tempo dedicado à resposta em 5 minutos para cada questão.

### **5.3.1 Análise da questão 1 do questionário**

A questão 1 trata da relação entre os polos geográficos e polos magnéticos e, além disso, ela tem por objetivo principal fazer com que o educando entenda que a ciência é uma construção coletiva.

Os termos mais encontrados nas respostas da questão 1 coincidem nas turmas 3M01 e 3M02. Foram extraídas frases em comum como “proximidade entre os polos geográficos e magnéticos” e “experimentos com esferas ou linhas de campo”.

Desta forma, transcrevemos abaixo as respostas dos alunos A8 da turma 3M01 e A7 da turma 3M02 que trazem consigo a frase “proximidade entre os polos geográficos e magnéticos”.

Se baseou nos hemisférios sul e norte. Ele imaginou que dentro da Terra existia um ímã bem no centro. Porém os polos magnéticos não ficam bem na mesma linha que os polos geográficos. Eles ficam um pouco tortos, não ficam na mesma direção retinho (ALUNO A8 DA TURMA 3M01, 2021).

Pois o polo magnético se localiza na mesma posição do polo geométrico provavelmente e que eles se atraem fazendo correntes magnéticas que não nos deixa afastar do solo por causa do magnetismo que nos atrai (ALUNO A7 DA TURMA 3M02, 2021).

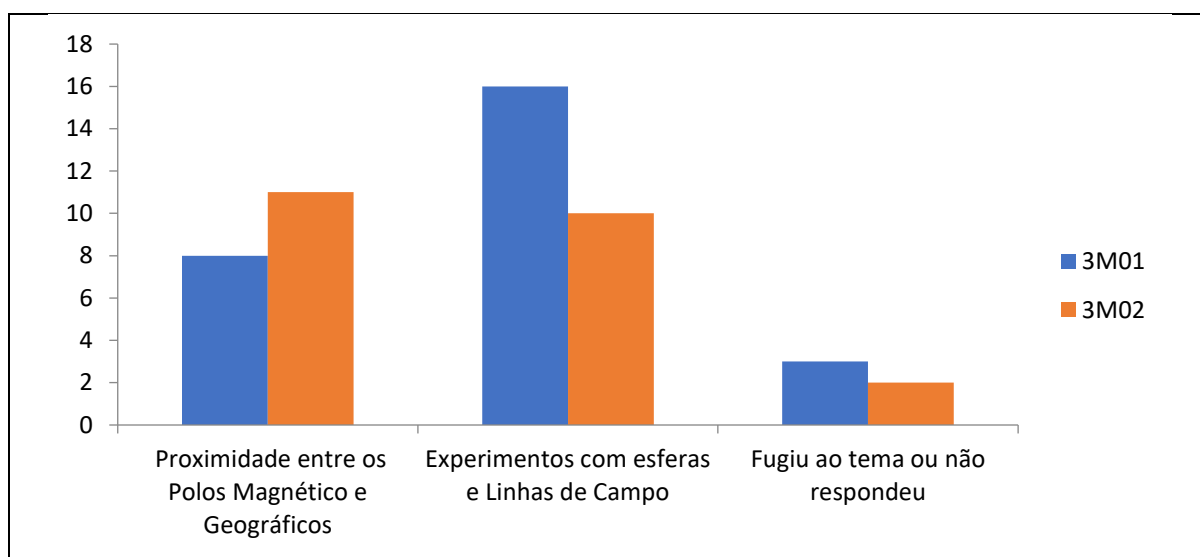
Agora, transcrevemos as respostas dos alunos A20 da turma 3M01 e A36 da turma 3M02 que trazem consigo a frase “experimento da esfera ou linhas de campo”.

Se baseou no modo como a terra se comporta e a comparou com um ímã em forma de esfera para comprovar sua teoria (ALUNO A20 DA TURMA 3M01, 2021).

Em uma esfera que no caso iria representar a terra e em volta os ímãs como um arco fechado onde tem duas concentrações muito forte de magnetismo (ALUNO A36 DA TURMA 3M02, 2021).

A partir das transcrições de todas as respostas, como nos exemplos acima, construímos o Gráfico 5, para observar a ocorrência das frases nas turmas 3M01 e 3M02.

Gráfico 5 – Quantitativo de respostas coincidentes nas turmas 3M01 e 3M02 que se enquadram dentro dos critérios estabelecidos pela pesquisadora para essa questão



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Vale lembrar que a proposta visa a partir da etapa de Leitura de Texto, a análise da construção do conhecimento do aluno. O objetivo do questionário nessa sequência didática, após a leitura dos textos como assevera Carvalho “é de conhecer e levar em conta o conhecimento prévio do leitor com relação ao texto em questão e oferecer ajuda necessária para que possa construir um significado apropriado a respeito” (CARVALHO, 2019, p. 79).

Com isso, ao transcrever as respostas, observamos a relação estabelecida pelo educando com o texto foi de procurar dar sentido às informações contidas nele, construindo suas hipóteses e verificando a coerência na tentativa de validá-las (SASSERON; MACHADO, 2017).

### 5.3.2 Análise da questão 2 do questionário

A partir da questão 2 analisamos as turmas separadamente e categorizamos as respostas dos alunos. Essa categorização foi feita com o objetivo de agrupar as respostas em termos de critérios que possam ser analisados.

Assim, na questão 2 do questionário, encontramos nas respostas dos alunos das turmas 3M01 e 3M02 as seguintes proposições: “Interação com os polos magnéticos por imantação com atrito”; “Interação com os polos magnéticos por imantação com indução” e “Intensidade do magnetismo nos polos”.

Na turma 3M01, selecionamos um exemplo para cada uma das categorias propostas avaliando a coerência para validar os processos de magnetização e a intensidade nos polos magnéticos.

Com fricção da agulha ela torna magnética, assim ela segue os polos magnéticos, com os polos opostos se atraem e os iguais se repelem (ALUNO A16 DA TURMA 3M01, 2021).

Assim, nesse exemplo extraímos a palavra “fricção” para representar o processo de atrito de uma agulha com um ímã.

Porque ela é atraída por esses polos, "quando aproximamos um ímã de uma agulha metálica ela é atraída pelo ímã, quando afastamos o ímã o efeito desaparece". Desse modo podemos notar que a direção "norte-sul" da Terra serve como um ímã para a agulha da bússola, ou seja, o (age) norte da bussola é atraída para a direção sul da Terra (ALUNO A2 DA TURMA 3M01, 2021).

Com isso, vemos da transcrição acima que o aluno A2 citou trecho do texto para validar a coerência de sua resposta.

Ela é atraída pelos polos, onde existe maior concentração de magnetismo (ALUNO A30 DA TURMA 3M01, 2021).

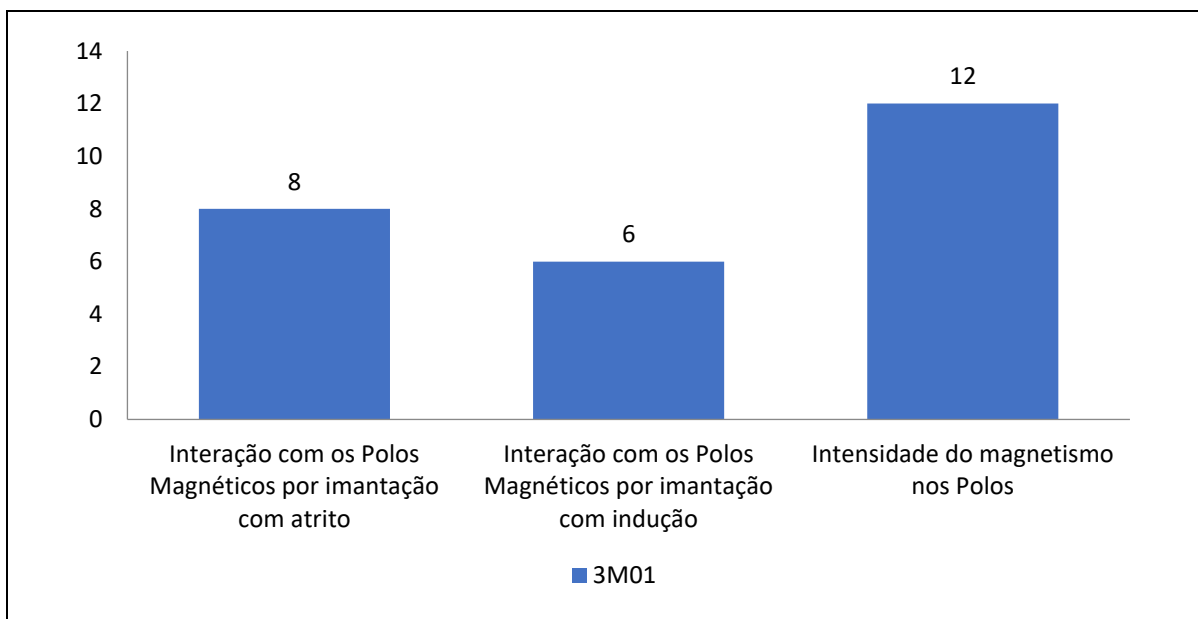
No dicionário da Língua Portuguesa a palavra “concentração” em um dos significados expressa orientações de energias e da atenção para um local, que se



aproxima do significado da resposta do aluno A30 da turma 3M01 por intensidade dos polos magnéticos da Terra.

O Gráfico 6 apresenta a frequência absoluta que essas frases foram citadas na turma 3M01.

Gráfico 6 – Quantitativo de alunos que citam os termos categorizados.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Seguindo o mesmo procedimento que utilizamos na turma 3M01 selecionamos alguns exemplos da turma 3M02 que se enquadram dentro das categorias elaboradas.

Porquê a agulha foi magnetizada no ímã, a partir daí os campos magnéticos da agulha começa a ser atraído pelo campo magnético da Terra (ALUNO A21 DA TURMA 3M02, 2021).

Quando o aluno A21 da turma 3M02 escreve “foi magnetizada no ímã” para salientar a atração da agulha pelo campo magnético da Terra entendemos que ele relacionou o processo com a magnetização por atrito.

Por que vivemos dentro de um campo magnético assim ela apontara para os dois lados Norte e Sul mas se houver algum objeto com propriedades ele vira para o objeto (ALUNO A5 DA TURMA 3M02, 2021).

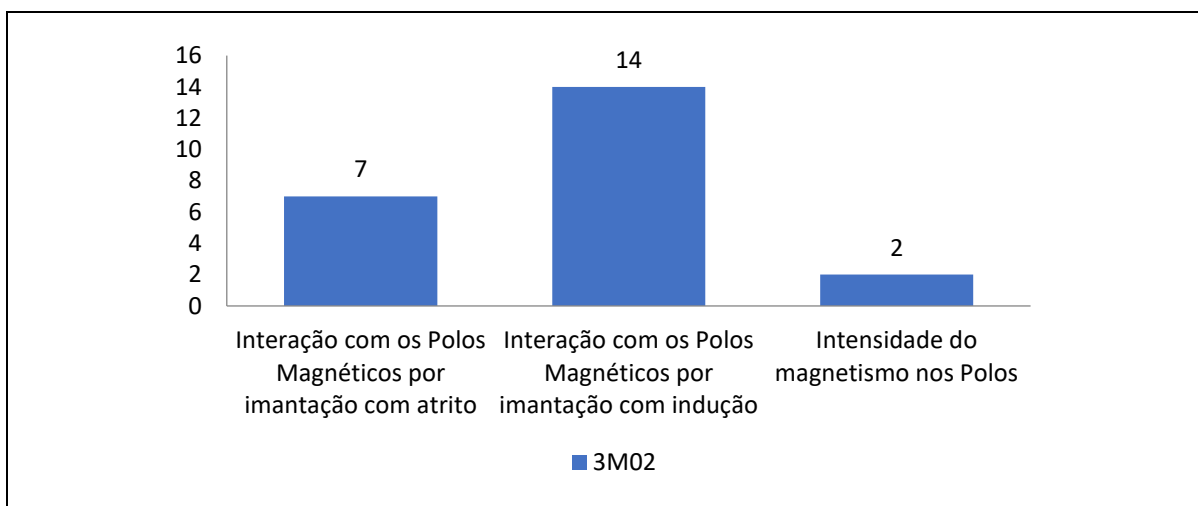
Na resposta do aluno A5 quando ele usa o termo “vira” entendemos que se trata do processo de indução cujo objeto alteraria a orientação da agulha da bússola.

A agulha da bússola indica essas regiões pela forte concentração de energia magnética (ALUNO A19 DA TURMA 3M02, 2021).

Na transcrição do aluno A19 da turma 3M02 vemos que ele utiliza a palavra “concentração” para representar a intensidade dos polos magnéticos.

Desta forma, para demonstrar a frequência com que as palavras e frases são citadas nos questionários da turma 3M02 construímos o Gráfico 7.

Gráfico 7 - Quantitativo de alunos que citam os termos categorizados.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

### 5.3.3 Análise da questão 3 do questionário

Até esse momento nas turmas 3M01 e 3M02, os alunos apresentavam certa apatia ao responderem o questionário. Um aluno na turma 3M02 se manifestou primeiro justificando que apreciava atividades diferenciadas e que se interessou pelo projeto, mas alegou que o texto foi grande e entediante e, por isso, se dispersaram. Enquanto a turma se dividia em quem apoiava a manifestação do aluno e quem não partilhava desse posicionamento, explicamos para a turma a importância da atividade de leitura para a abordagem investigativa e nas questões seguintes os alunos conversaram sobre seus pontos de vistas.

Na turma 3M01 explicamos a importância da atividade de leitura de texto da etapa 3 e, por consequência, a interação dos alunos nas próximas questões também foi maior.

A partir do cotidiano do aluno e baseado no que lhe foi apresentado na SEI até o momento, na questão 3 ele listaria os dispositivos que sofreriam a influência do campo magnético e as consequências da ausência do campo magnético da Terra. Para isso, listamos as seguintes categorias encontradas nas respostas dos educandos: “aparelhos tecnológicos”, “fenômenos da natureza e orientação dos animais” e “fugiu ao tema ou não respondeu”. Com isso, encontramos duas categorias numa mesma resposta e para que não houvesse duplicidade no gráfico consideramos o maior número de dispositivos listados.

Na turma 3M01 com a dinâmica da leitura do enunciado, um aluno timidamente indagou se o biológico do homem seria afetado e a partir daí houve questionamentos interessantes. Por exemplo, se o campo magnético da Terra tinha alguma relação com os movimentos de rotação e translação da Terra e o que aconteceria na ausência dele. Além disso, também, houve um questionamento de o quanto a Lua interferiria no campo magnético da Terra. Em todos os questionamentos a instigávamos a pensarem sobre tema abordado.

Dessa forma, transcrevemos o exemplo que se enquadra em cada categoria proposta. Na categoria “Aparelhos Tecnológicos” os alunos listaram diversos dispositivos como, por exemplo, satélite, celular, eletrodomésticos, relógios, bússolas, etc.

poderia haver a destruição do satélite, levando todos os aparelhos de comunicação, GPS, tudo movido a internet ou (tecnologia). Levando em conta também, o plantio iria ser muito prejudicado, levando até mesmo a falta de alguns alimentos. Prejudicaria até mesmo nossa saúde, pois não iríamos aguentar, pois nossa pele não está e não é preparada para isso (ALUNO A14 DA TURMA 3M01, 2021).

Nesse caso, consideramos que o aluno listou os aparelhos tecnológicos acrescentando informações sobre agricultura e corpo humano inferidas nos questionamentos durante a leitura do enunciado.

Animais - o cérebro da minhoca age com um sensor que orienta o animal em relação ao campo magnético. O magnetismo serve como visor para as aves migratórias ela reforça o brilho e as cores no campo de visão dos pássaros, quando os aviões, satélites, sistema de comunicação e navegação. Quando ocorre a tempestade magnética as partículas ejetadas pelo sol criam correntes elétricas que interferem no campo da Terra (ALUNO A30 DA TURMA 3M01, 2021).

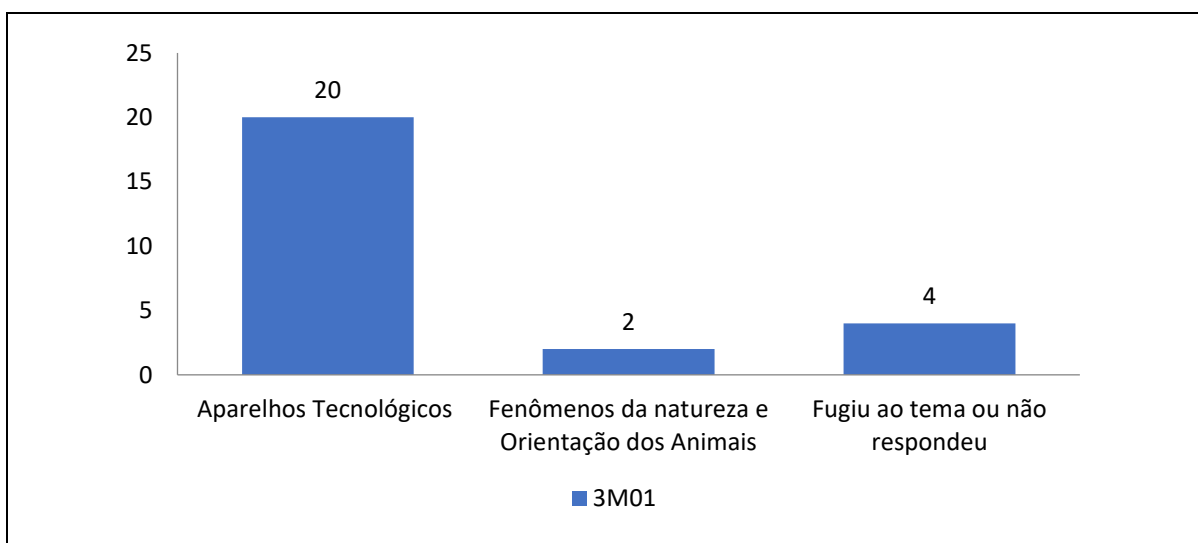
Nesse exemplo, o aluno fez uma busca no Google sobre o assunto, retirando trechos na íntegra da revista eletrônica Super Interessante, publicado em 9 de agosto de 2018.

Aumentando o campo magnético no sentido oposto a partir de zero até -Hs chegamos ao ponto M, na parte negativa do gráfico, agora com sentido oposto ao do ponto P. diminuindo o campo magnético no sentido oposto a zero (ALUNO A33 DA TURMA 3M01, 2021).

O aluno A33 faz parte da classe de Atendimento Educacional Especializado (AEE).

Para apresentar a frequência com que as categorias aparecem nas respostas dos educandos da turma 3M01 construímos o Gráfico 8.

Gráfico 8 – Quantitativo de alunos que citam os termos categorizados.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Na turma 3M02 após lermos o enunciado da questão 3 e para representar as auroras desenhamos no quadro branco uma esfera com linhas de campo e depois indagamos os alunos sobre o que propicia esse fenômeno e um aluno citou a maior concentração de linhas de campo.

Na sequência, continuamos interpelando os alunos se teriam exemplos de um dispositivo que poderia ser influenciado pelo campo magnético da Terra. Por um tempo, os alunos acenaram negativamente com a cabeça, e timidamente falaram sobre a bússola e, então, provocamos com um novo questionamento, qual seja, onde usamos a bússola no nosso dia a dia e tecnologicamente onde a encontramos. Com isso, os alunos lembraram do GPS e do aparelho de celular para receberem essa informação.

Agora, apresentamos os três exemplos de respostas dadas pelos alunos que se enquadram nas categorias propostas.

Com a variação alguns aparelhos são afetados apresentam falhas, tais como celulares, desorientação da bússola entre outros. Já a ausência causaria pane total em satélites, GPS, bússolas, radares, celulares entre outros deixando o planeta em um verdadeiro colapso eletromagnético (ALUNO A20 DA TURMA 3M02, 2021).

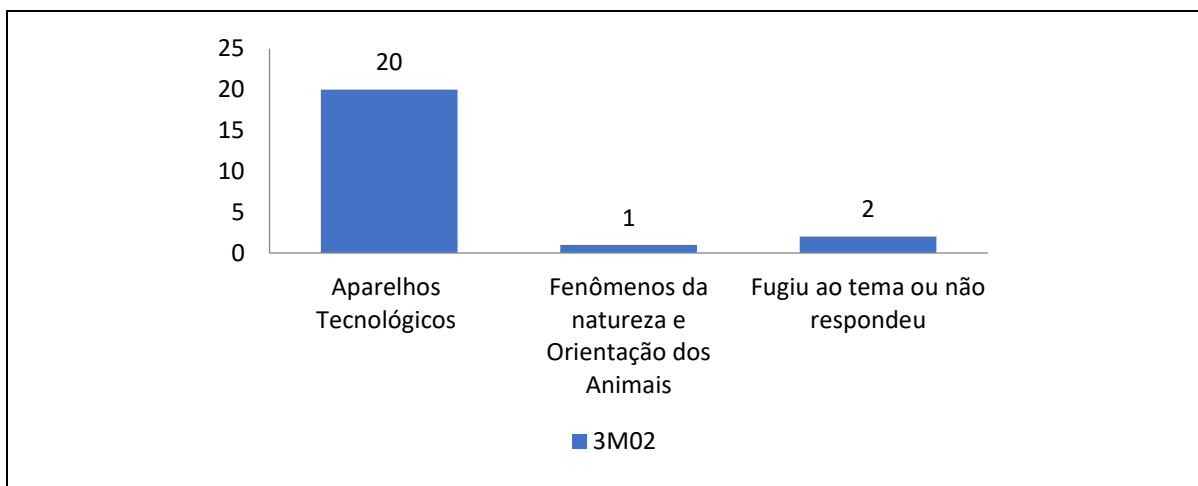
A resposta do aluno A20 apresenta consequências tanto para a variação, como para a ausência do campo magnético na sua interpretação e exemplos de objetos atingidos no caso da ausência do campo magnético da Terra.

Turbulência no avião, pode trazer mortes dependendo da força da chuva ou ventos. Telhados de casas se não estiver bom pode cair também, etc. (ALUNO A30 DA TURMA 3M02, 2021).

A partir da resposta do aluno A30 da turma 3M02 vemos que a discussão feita em sala sobre o que mais os alunos lembravam além do GPS, influenciou na sua resposta. Isto pode ser visto quando o aluno cita “Telhados de casas”, uma vez que, pedimos que eles se concentrassem no que poderia ocorrer na superfície terrestre no caso de ausência do campo magnético da Terra e eles questionaram se fenômenos climáticos.

No Gráfico 9 mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos.

Gráfico 9 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos da Turma 3M02.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

#### 5.3.4 Análise da questão 4 do questionário

A questão 4 apresenta o termo magnetosfera como a região entorno da Terra, finita e influenciada pelo Sol, e sobre a intensidade do campo magnético na superfície terrestre. Na turma 3M01, um aluno formulou e apresentou à turma que no lado não exposto aos raios solares, o campo magnético seria mais fraco que o lado exposto. Assim, a partir da colocação desse aluno observamos que as respostas se encontram em 3 categorias: “NÃO. Depende da exposição à radiação solar”, “NÃO. O campo é influenciado pela intensidade na superfície” e “SIM. O campo é estático”.

Durante a aplicação do questionário, notamos que os alunos respondiam “sim ou não” e, com isso, interviemos para que eles fossem além das respostas monossilábicas e colocassem o que estavam pensando e no que acreditavam acontecer na superfície terrestre em lugares diferentes. Com isso, conforme os alunos interagem com seus pares e com a professora, percebemos que eles construíam suas respostas por meio de discussões em pequenos grupos ou em duplas respeitando o distanciamento social.

Na coleta de dados, as respostas da turma 3M01 mostraram o enquadramento em cada uma das categorias propostas.

Não. Cada ponto da terra existe uma potência magnética, acontece que os raios solares com a sua radiação diferencia a magnetização da terra, o lado que fica exposto ao sol possui menos modificações que o lado que não foi exposto (ALUNO A19 DA TURMA 3M01, 2021).

Nessa resposta concluímos que o aluno considerou o experimento de Petrus Peregrinus (Texto 1 – Apêndice E) quando fala de magnetismo em vários pontos da Terra e sua intensidade. Ou seja, o educando expôs em sua resposta, que a radiação emitida pelos raios solares interferiria no campo magnético da Terra conforme o movimento de rotação do planeta o colocasse diretamente de frente para o Sol.

Não, na maior parte dos pontos na superfície da Terra, o campo magnético não é paralelo à superfície. Devido as condições geológicas presentes em determinados locais, ele pode diferir bastante do valor esperado para aquela região (ALUNO A30 DA TURMA 3M01, 2021).

Nesse caso, o aluno atribuiu uma diferença entre intensidade do campo magnético em alguns locais da superfície terrestre às suas condições geológicas. Com isso, vemos que a resposta do aluno está de acordo com a que encontramos no livro didático de onde a pesquisadora extraiu a informação para compor a questão 4. No referido livro a resposta dada por Pietrocolla (2016) se refere à variação por diferenças locais de composição e de tempo.

Observamos, que, nesse exemplo, o aluno fez uma busca no Google sobre o assunto, retirando trechos na íntegra do texto em PDF - Campo Magnético da Terra, do curso de Física/UFMG, publicado em maio de 2020.

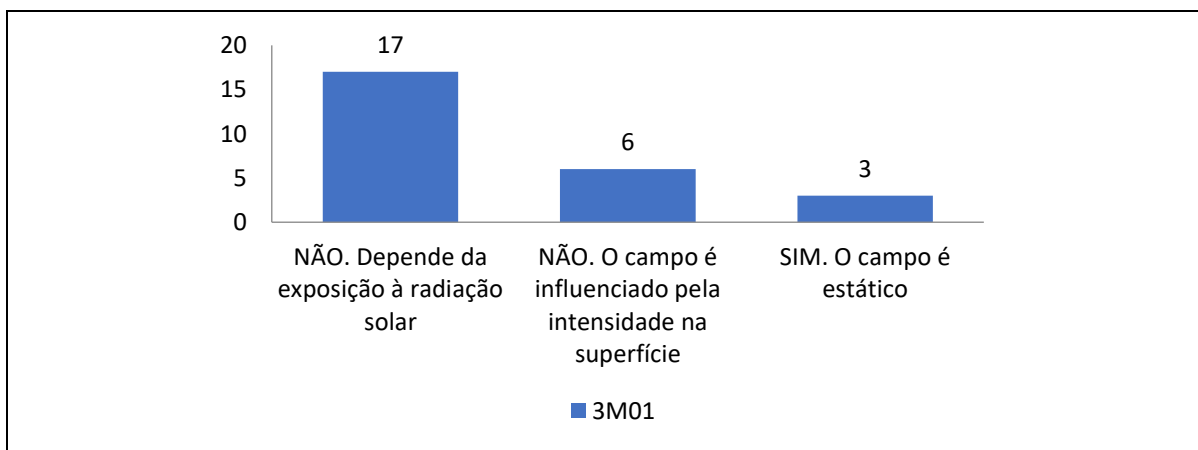
Sim, pois como sua camada é finita e é fortemente influenciada pelo Sol (que clareia a terra toda com seus raios). Apesar de que o lado oposto aos raios possui maior extensão do que o exposto, certamente os raios solares atingirão o lado oposto em algum dia (ALUNO A1 DA TURMA 3M01, 2021).

Esse aluno entendeu o experimento de Petrus Peregrinus divergindo somente com o aluno A19 da turma 3M01, sobre o t3pico da interfer3ncia dos raios solares. Al3m disso, o educando apresentou dificuldade de expressar seu conhecimento pr3vio sobre a rota33o do planeta representada na fala desses raios atingirem “em algum dia” o lado oposto, provavelmente considerando um campo est3tico.

Ao interagirmos com a turma e em conversas entre os alunos sobre as respostas que cada um escolheu para a pergunta, chegamos 3 conclus3o que a turma 3M01 entendeu que o campo magn3tico terrestre 3 gerado pelo interior do planeta e a diverg3ncia dos alunos era sobre o comportamento do campo magn3tico na superf3cie terrestre, seja por fen3menos como a radia33o solar e a geologia do planeta.

No Gr3fico 10, mostramos a frequ3ncia com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a quest3o 4 da turma 3M01.

Gr3fico 10 - Frequ3ncia com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a quest3o 4 da turma 3M01.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021).

Ao terminar a leitura do enunciado na turma 3M02 um aluno acenou para aproximarmos e a perguntou se assistiu a uma reportagem da influência do magnetismo nas Pirâmides do Egito, que em determinadas épocas o magnetismo das pirâmides 3 maior. O aluno n3o soube dizer onde assistiu e quando assistiu e que naquele momento a pergunta o fez lembrar da reportagem, e por isso, a professora partilhou a informa33o com a turma.



Abaixo, selecionamos alguns exemplos de respostas que apareceram nos questionários da turma 3M02.

Possivelmente não. O lado que é atingido pelos raios solares tem uma chance maior de sofrer variações (ALUNO A17 DA TURMA 3M02, 2021).

Vemos na resposta acima que o aluno apresenta insegurança em sua resposta, acreditando que a radiação emitida pelos raios solares varia o campo magnético da Terra após a rotação do planeta, colocando-o de frente para Sol.

Não, o campo magnético de um objeto possui variação de potência, e assim também é o campo magnético da Terra. Além disso, o campo magnético nos polos é mais forte (ALUNO A5 DA TURMA 3M02, 2021).

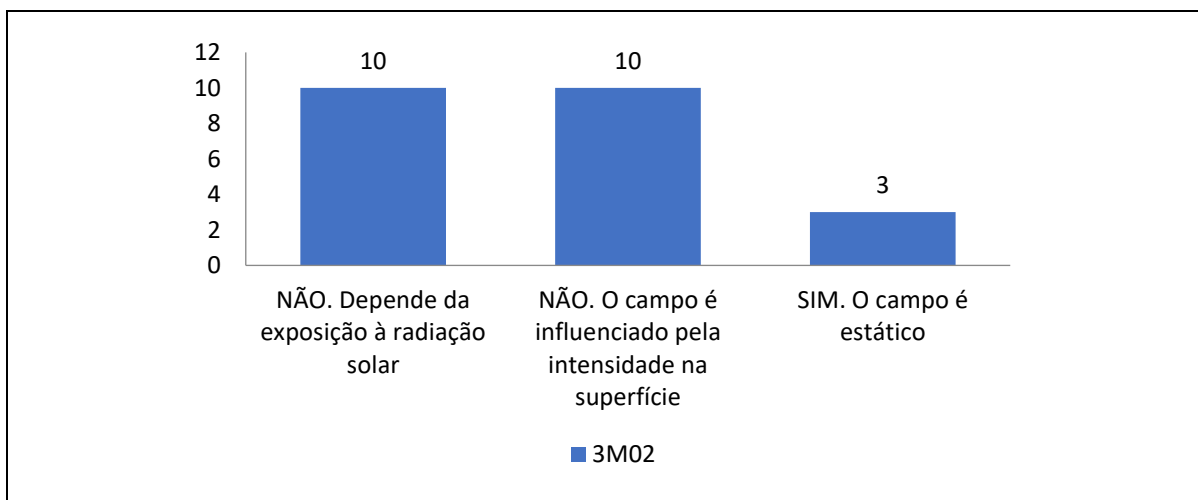
O aluno compara o campo magnético da Terra a um material ferromagnético assimétrico que em seu entendimento interfere no campo magnético em algumas partes desse material, o enfraquecendo. Com isso, ele termina o parágrafo indicando os polos magnéticos como o lugar de maior intensidade do campo magnético da Terra.

Sim. Pois ela não se altera, mesmo que um lado seja menos ao lado oposto aos raios (ALUNO A24 DA TURMA 3M02, 2021).

Sobre a interferência dos raios solares, esse aluno mostra que o campo magnético tem intensidade estável em todos os pontos do planeta Terra.

No Gráfico 11 mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 4 da turma 3M02.

Gráfico 11 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 4 da turma 3M02.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Para dar sequência à proposta didática, chamamos à atenção para o tempo e encaminhamos os alunos para a questão 5.

### 5.3.5 Análise da questão 5 do questionário

Durante a leitura do enunciado na turma 3M01 interpelamos os alunos sobre o que significava a palavra intrínseca. Sem retorno por parte da turma continuamos perguntando se partimos um ímã inúmeras vezes aonde chegaríamos? Com isso, uma aluna respondeu de imediato que seria no átomo. Na sequência, continuamos a interpelar que dentro do átomo existe algo importante apresentado no texto e um aluno respondeu que era o elétron. Assim, pedimos para que alunos voltassem na parte do texto que ressaltava esse assunto. Sendo assim, resumimos o tema e pedi para que os alunos escrevessem o que pensam sobre a pergunta sob um olhar microscópico.

Tomando como bases as respostas dos alunos agrupamo-nas às seguintes categorias: “por processo de imantação”, “nível eletrônico do átomo” e “impreciso”. Assim, selecionamos alguns exemplos.

Quando você pega algo ferromagnético e quer o magnetizar. Basta pegar um ímã e passar repetitivamente na mesma direção, no objeto, assim você terá algo magnetizado (Aluno A8 da turma 3M01, 2021).

A resposta se restringe a visão macroscópica. Por mais que instigássemos os alunos a um olhar microscópico, a maioria dos alunos dessa turma optou por responder sobre processos de imantação e não sobre as propriedades intrínsecas do material.

Microscopicamente a sua intensa atração vai fazer com que os átomos sigam um padrão e os elétrons vão direcionar para qual lado-sul ou norte (Aluno A32 da turma 3M01, 2021).

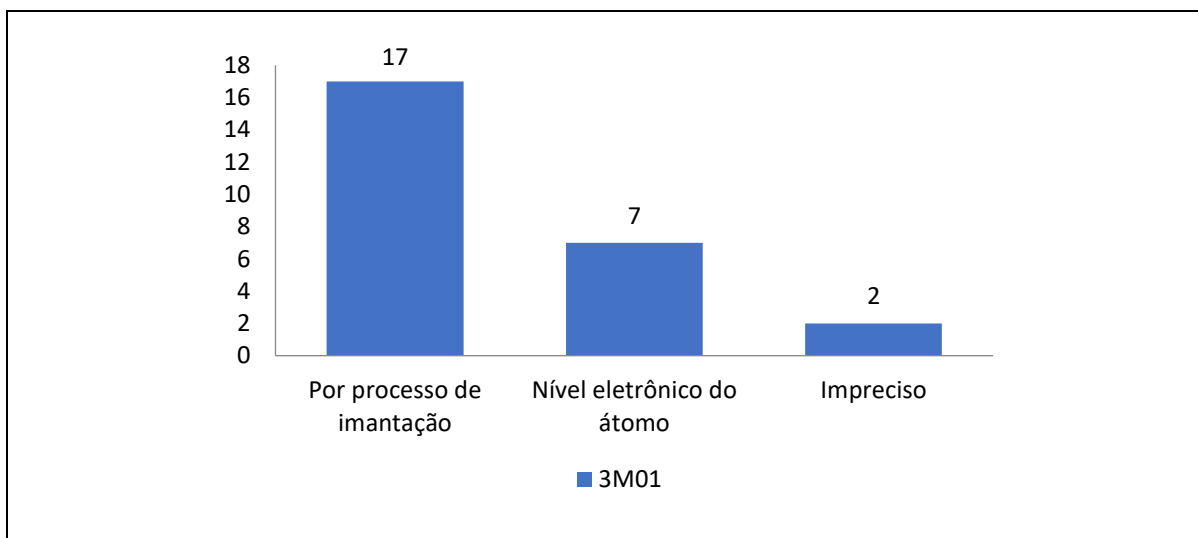
Vemos da resposta acima, que o aluno não consegue se expressar utilizando termos científicos e no seu processo de construção do conhecimento podemos inferir que quando cita o termo “direcionar” queria se referir ao alinhamento dos momentos magnéticos com relação ao campo magnético externo.

A força deve apontar mais de um lado do que o outro (Aluno A30 da turma 3M01, 2021).

No texto entregue aos alunos, não há referência ao termo força, pela discussão, acreditamos que o aluno pensou no alinhamento da agulha da bússola com o campo magnético Terrestre. Por isso, como ele não explicitou em sua resposta, optamos por enquadrá-la na categoria “impreciso”.

No Gráfico 12, mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas da questão 5 da turma 3M01 e observamos que muitos alunos, como no exemplo do aluno A8 da turma 3M01, apresentaram o processo de imantação da agulha como resposta que configura a visão macroscópica do fenômeno, enquanto que o enunciado pede uma visão microscópica na tentativa de identificar os momentos magnéticos do elétron para o domínio magnético do material ferromagnético.

Gráfico 12 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 5 da turma 3M01.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Ao ler o enunciado para a turma 3M02 a interpelamos com ênfase na visão microscópica do material da bússola, solicitando que lessem sobre os tipos de materiais e reiterou as perguntas que fez na turma 3M01 até chegar no comportamento magnético do elétron.

Utilizando as categorias apresentadas anteriormente, selecionamos para discussão somente as seguintes categorias: “processo de imantação” e “nível eletrônico do átomo”.

Depois de sofrer o processo de imantação o ferro é atraído (Aluno A24 da turma 3M02, 2021).

A resposta foi bem direta, citando o processo e o tipo de material utilizado.

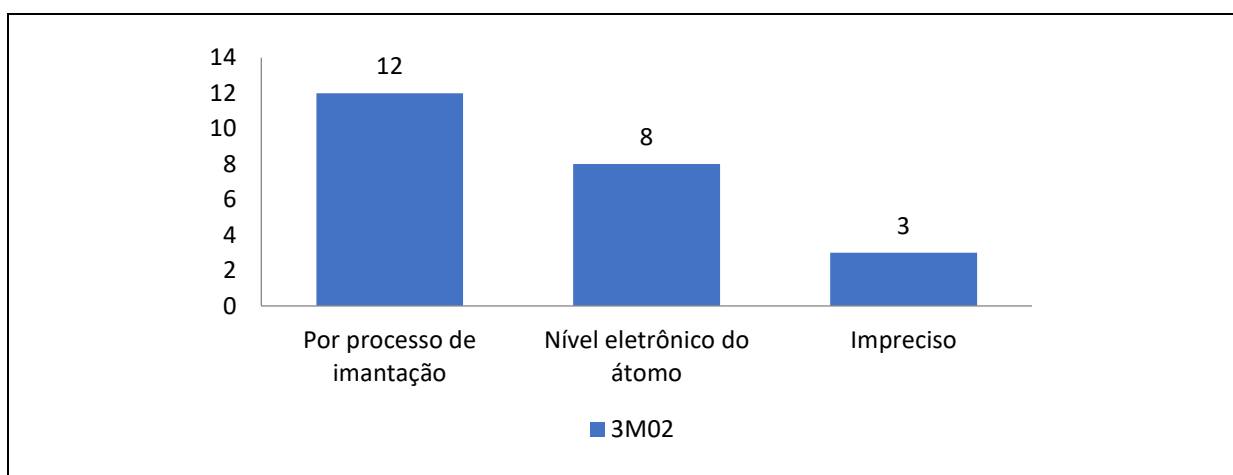
Os elétrons se alinham naturalmente mas perante um campo magnético eles encontram uma formação anormal para se alinhar, tendo materiais que compõe alinhamentos diferentes dentro do campo magnético eles irão formar uma tensão magnética diferentes para seus elétrons (Aluno A11 da turma 3M02, 2021).

Concluimos que a resposta do aluno A11 evidencia o processo de construção de ideias significativas do ponto de vista do conhecimento científico escolar.

Parcialmente, isso vai ao encontro do que entende Sasseron (2017) à medida que salienta que a alfabetização científica junto com atividades investigativas contrastam com a metodologia usual de sala aula. Isto pode ser observado na interpretação esquemática dada pelo aluno para os momentos magnéticos dos três tipos de materiais magnéticos contidos no Texto 2 – Magnetização de um material.

No Gráfico 13 mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 5 da turma 3M02.

Gráfico 13 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 5 da turma 3M02.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Na turma 3M02 podemos observar uma distribuição mais simétrica entre os alunos que citaram a categoria “por processo de imantação” e “nível eletrônico do átomo”. Na nossa visão essa turma recorreu ao trecho do texto que fala sobre domínios magnéticos. Podemos também observar do Gráfico 13 que a categoria “impreciso” aumentou quando comparada como Gráfico 12 da turma 3M01.

### 5.3.6 Análise da questão 6 do questionário

O momento de maior interação em sala de aula foi na questão 6, nas duas turmas. Entender o funcionamento de um aparelho de ressonância magnética nuclear e o magnetismo do corpo humano, instigou-os profundamente na construção do conhecimento.

Até esse momento, os alunos tinham a informação que corrente elétrica produzia campo magnético e na etapa 8 que teriam contato com o laboratório aberto para entenderem o funcionamento de campo magnético produzido por corrente elétrica na forma de espiral.

Na turma 3M01, após a leitura do enunciado, interpelamos os alunos se alguém conhecia o aparelho de ressonância magnética nuclear (RMN) e depois como imaginavam que era o seu funcionamento.

Na sequência, uma aluna perguntou “se causaria câncer” e, por isso, pedimos que a aluna reformulasse sua pergunta. Após a afirmativa da aluna de que se tratava do aparelho de ressonância magnética nuclear, citamos outros aparelhos de diagnóstico por imagem tais como, por exemplo, tomografia computadorizada e raios-X, sendo esta, uma discussão interessante a ser retomada em momento oportuno.

Sobre o elemento químico ferro, apontaremos um momento na discussão em que um aluno cita o ferro como elemento químico no sangue justificando que por isso, o sangue tem coloração vermelha e a turma foi ao êxtase ovacionando-o.

As categorias definidas para esta questão foram: “referência a elementos químicos”, “propriedades intrínsecas do material” e “fugiu ao tema”. Abaixo selecionamos um exemplo para cada categoria da turma 3M01.

Essa interação se dá pelo contato dos átomos, do contato com o ferro que existe dentro da bússola, um exemplo, o ser humano possui átomo de ferro no sangue (que gera coloração vermelha) e no núcleo dos átomos é gerado um campo magnético. Então, digamos que existe um “ímã” na ressonância magnética detecta o campo magnético que tem no próprio sangue (Aluno A9 da turma 3M01, 2021).

Selecionamos a resposta do aluno A9 da turma 3M01, para demonstrar que a sua resposta sobre a proteína hemoglobina composta de átomos de ferro influenciou no seu raciocínio. Isto pode ser verificado a partir do que o aluno escreveu entre parênteses, ou seja, “que gera coloração vermelha”.

Notamos que, a maioria das respostas citavam a molécula de água como importante para interagir com o campo magnético do equipamento de ressonância magnética, e alguns alunos especificaram os átomos de hidrogênio e oxigênio junto com o átomo de ferro.

A atração do núcleo e a máquina da ressonância que faz com que a máquina ache o corpo estranho ou o problema. Isso acontece com a bússola no encontro do ponto de atração (Aluno A31 da turma 3M01, 2021).

O termo “atração do núcleo”, que podemos ver na resposta acima, entendemos como propriedades intrínsecas aos materiais como o campo magnético do átomo no corpo humano e o campo magnético externo do equipamento de ressonância magnética nuclear (RMN). Por isso, classificamos essa resposta na categoria propriedades intrínseca do material.

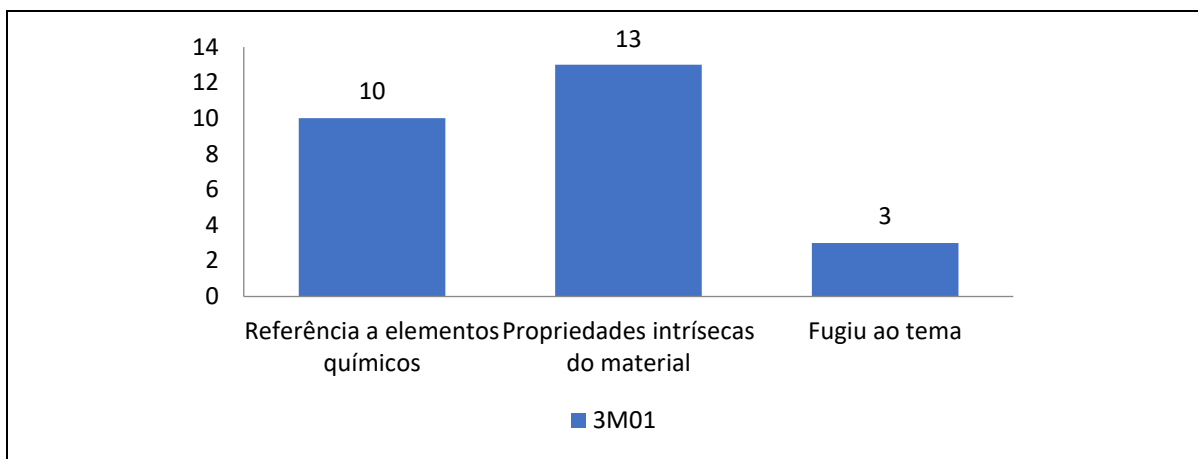
Durante as discussões em sala sobre o funcionamento do equipamento de ressonância magnética nuclear, um aluno relacionou a produção do campo magnético do equipamento ao processo de histerese.

Quando aproximamos uma agulha metálica de um ímã, ela se torna magnetizada, sendo atraída pelo ímã, no entanto, quando a agulha é afastada do ímã o efeito desaparece. É só friccioná-la repetidas vezes, sempre na mesma direção, para ela se torna uma bússola (Aluno A43 da turma 3M01, 2021).

Classificamos a resposta acima na categoria “fugiu ao tema” pela dificuldade de interpretação, mesmo com a discussão do enunciado por parte da pesquisadora.

No Gráfico 14, mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 6 da turma 3M01.

Gráfico 14 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 6 da turma 3M01.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Observamos que os alunos da turma 3M01 entenderam o objetivo da questão, a categoria “referência a elementos químicos” especificava os átomos que respondem ao campo magnético externo e a categoria “propriedades intrínsecas do material” não cita esses elementos químicos. Assim, as respostas das duas categorias relacionam os momentos magnéticos do núcleo do átomo interagindo com campo magnético externo do aparelho de RMN.

Na turma 3M02, a leitura do enunciado aconteceu mais lentamente, uma vez que, os alunos não estavam confiantes e seguros em expressar sua resposta. Instigamos os alunos a responderem como o organismo da pessoa reage ao campo magnético do equipamento de RMN e que se lembrassem da disciplina de Biologia onde estudaram que corpo humano é formada de pequenas células.

Continuamos interpelando os alunos sobre a composição das células. Sem resposta, continuamos a discussão pedindo para que se lembrassem o que a mulher grávida precisa tomar como suplemento alimentar, ou da vovó mandando comer feijão cozido em uma panela de ferro.

Selecionamos abaixo 2 exemplos desta turma para as categorias “referência a elementos químicos” e “propriedades intrínsecas do material”.

No nosso corpo tem 70% de água  $H_2O$  e no nosso sangue contém ferro na mistura com essas substâncias gera uma interação (Aluno A24 da turma 3M02, 2021).



O aluno A24 da turma 3M02 citou os átomos de hidrogênio e oxigênio presentes em 70% do corpo humano na sua resposta e, também citou o átomo de ferro presente na hemoglobina que compõe o sangue. Entretanto, sua justificativa sobre o comportamento dos campos magnético externo e intrínseco do átomo foi sucinta, quando ele diz “gera uma interação”.

O Gráfico 15 mostra que as discussões em sala de aula influenciaram pouco no resultado da turma 3M02 quando comparado com a turma 3M01 pois, no geral, não especificou os elementos químicos em suas respostas.

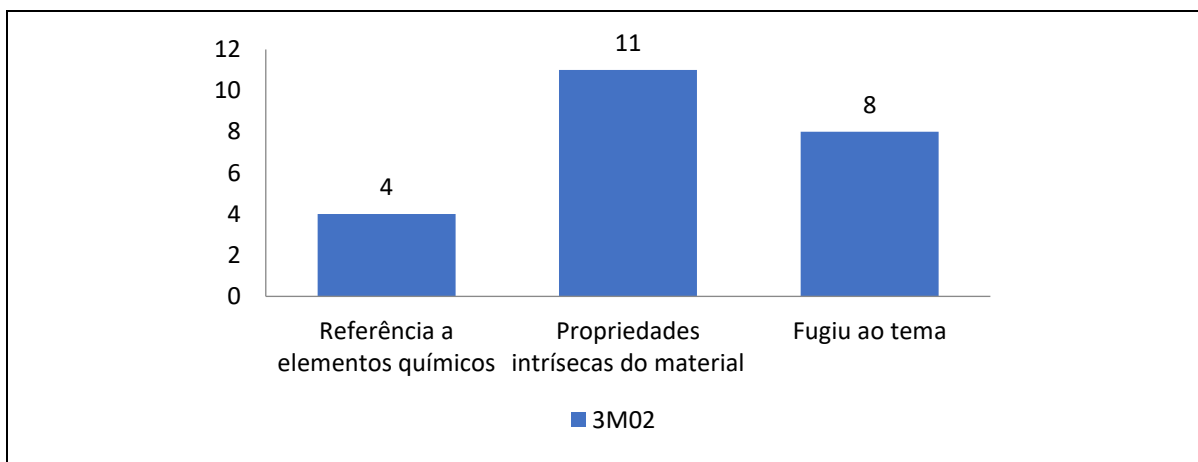
A origem dos momentos magnéticos associados ao elétron, os momentos magnéticos tendem a se alinhar com o campo magnético externo (Aluno A39 da turma 3M02, 2021).

Os alunos da turma 3M02 foram concisos em suas respostas, como observamos o aluno A39. A maioria das respostas dessa categoria relacionaram o alinhamento dos momentos magnéticos dos elétrons com o campo magnético externo do aparelho de RMN.

No Gráfico 15, mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 6 da turma 3M02.

O Gráfico 15 apresenta a frequência da categoria “fugiu ao tema” superior a frequência da categoria “referência aos elementos químicos”, diferente da situação apresentada no Gráfico 14 da turma 3M01. A pouca interação entre os alunos influenciou no desenvolvimento das respostas e, por isso, entendemos que o tema abordado nesta questão foi de difícil assimilação para os alunos.

Gráfico 15 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 6 da turma 3M02.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

### 5.3.7 Análise da questão 7 do questionário

Durante a leitura do enunciado da questão 7, proporcionamos uma discussão sobre o tema processos de imantação de materiais ferromagnéticos e solicitou a leitura do Texto 2 com o título “Magnetização de um material” para que respondessem à questão.

Agrupamos as respostas nas categorias “Exemplos de desmagnetização”, “Histerese” e “Fugiu ao tema”, onde na categoria “Exemplos de desmagnetização” os alunos listaram a queda, o aquecimento até o ponto Curie e, também, a desordenação magnética.

Transcrevemos os exemplos que se enquadram nas categorias “Exemplos de desmagnetização” e “Histerese”.

Talvez por estar dentro da escrivinha e ter coisas lá dentro também, pode ocorrido algum atrito com outro material e ele foi desmagnetizado (Aluno A14 da turma 3M01, 2021).

O aluno A14 da turma 3M01 listou uma possível causa do ímã ter perdido sua imantação. Ele justificou que o ímã guardado dentro na gaveta da escrivinha, como indica no enunciado, ao sofrer impacto com outro material também na gaveta

levou a desmagnetização do ímã. A Figura 6 do Texto 2 com título “Magnetização de um material” apresenta o desenho de um martelo sendo impulsionado contra um ímã. Concluimos que a figura e as discussões em sala de aula influenciaram na resposta.

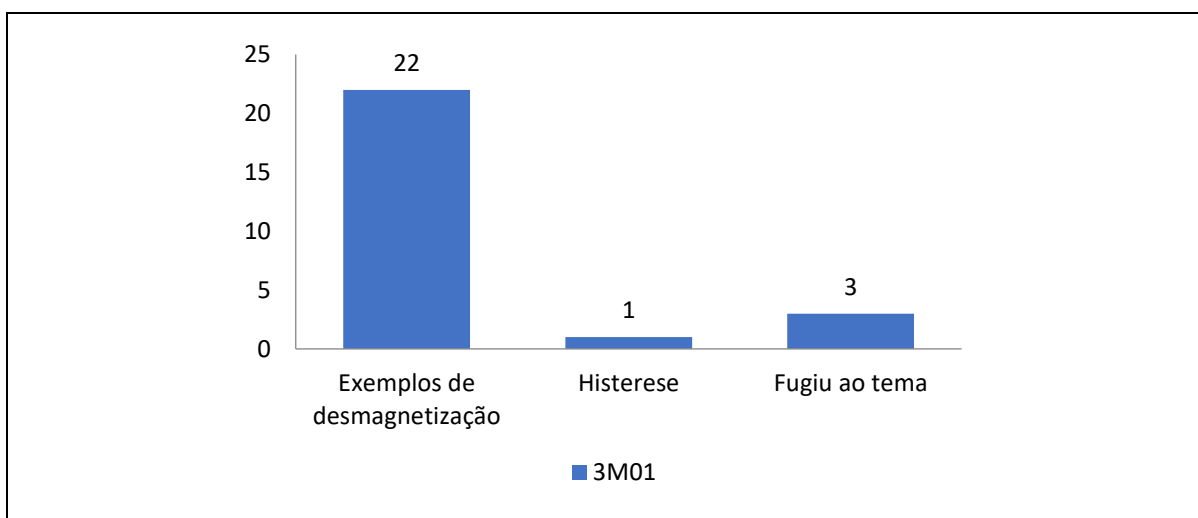
Provavelmente, o ímã poderia ter perdido suas propriedades temporárias, talvez poderia ter algum objeto de ferro que esteja fazendo o ímã perder sua imantação ou poderia ter sido fortemente atraído ou por um problema em sua composição. Provavelmente esse ímã pode ter uma histerese reduzida (praticamente nula e devemos comparar que a histerese pode ser baixa na geladeira também, perdendo seu campo magnético (Aluno A9 da turma 3M01, 2021).

O aluno A9 da turma 3M01 foi o único que citou o termo “histerese” em sua resposta e por esse motivo optamos por classificá-la na categoria “histerese”.

O aluno demonstrou em sua resposta que entendeu o processo de histerese mencionado no Texto 2 intitulado “Magnetização de um material” sobre materiais ferromagnéticos, que são substâncias que apresentam uma histerese mais acentuada e são usados na construção de ímãs permanentes.

No Gráfico 16 mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos.

Gráfico 16 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 7 da turma 3M01.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Após a leitura do enunciado da questão na turma 3M02, pedimos que recorressem ao texto para responder à questão 7. Entretanto, diferente do que ocorreu na turma 3M01 os alunos terminaram de responder no tempo cronometrado e não teceram comentários ou questionamentos.

Seguindo o mesmo procedimento que utilizamos na turma 3M01 selecionamos alguns exemplos da turma 3M02 que se enquadram nas categorias elaboradas.

Um ímã perde sua imantação ao sofrer um grande impacto, por exemplo ao cair no chão, a perda de sua imantação também pode ocorrer caso esse objeto seja aquecido em altas temperaturas, e tal temperatura necessária variando com o material (Aluno A5 da turma 3M02, 2021).

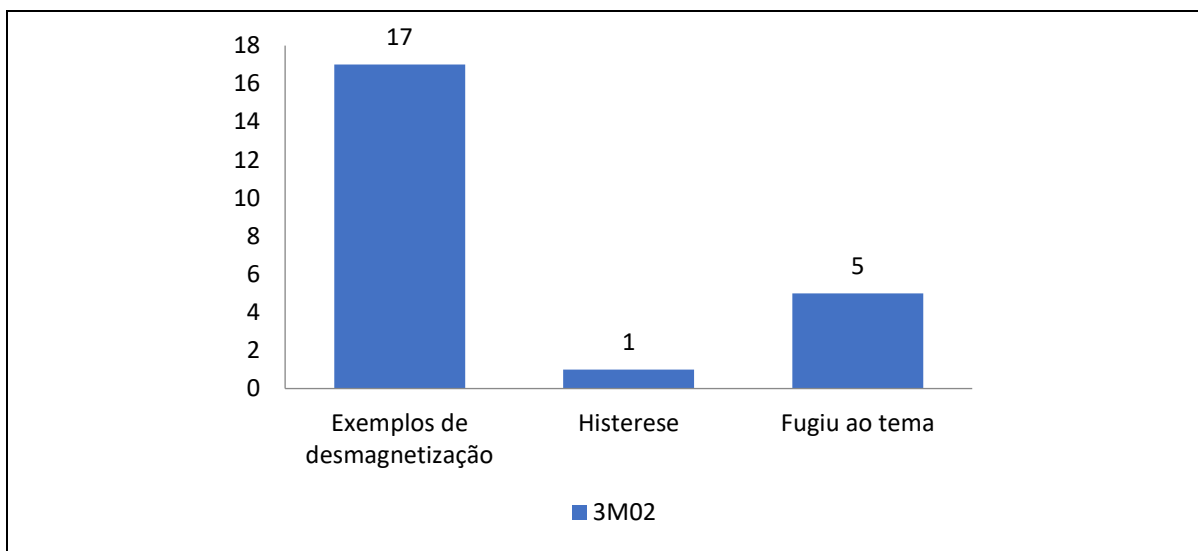
O aluno A5 da turma 3M02 citou como possíveis causas para o ímã perder sua imantação: cair no chão ou se for aquecido demais. Essas hipóteses são apresentadas no Texto 2 intitulado “Magnetização de um material”.

O ferro doce que apresenta uma histerese, se cair no chão, for aquecido demais no calor de  $770^{\circ}$  (agitação de elétrons assim se alinham), desordenação magnético (Aluno A39 da turma 3M02, 2021).

O aluno cita o termo “histerese” para falar do material ferromagnético chamado ferro doce, e em seguida, fala das causas possíveis para o ímã perder sua imantação. Por citar o termo acima optamos por incluir a resposta desse aluno na categoria “Histerese”.

No Gráfico 17 mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas da questão 7 da turma 3M01.

Gráfico 17 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 7 da turma 3M02.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Nos gráficos das turmas 3M01 e 3M02 observamos que os alunos recorreram ao texto para obter as repostas. Com relação a isso, Carvalho (2019) afirma que a aprendizagem de leitura é construída no dia a dia durante a vida, antes da escola e do próprio indivíduo, para criar estratégias na busca de compreender o mundo letrado. Entendemos que os alunos não estavam confiantes em responder a questão 7, por isso, buscaram apoiar suas repostas nas ideias apresentadas no texto de apoio. Mostrando assim, o processo de construção de conhecimento do aluno.

### 5.3.8 Análise da questão 8 do questionário

A questão 8 foi amplamente discutida em sala de aula pelos alunos da turma 3M01. Durante a aplicação, interpelamos a turma algumas vezes orientando a buscar no Texto 2 com o título “Magnetização de um material” argumentos para interagir professor-aluno e aluno-aluno.

Após terminar a leitura da questão, indagamos se eles entendiam o termo “átomos individualmente” que aparecera no enunciado da questão. Na sequência, uma aluna respondeu que seria sobre materiais magnéticos e, prontamente, completamos citando os tipos de materiais magnéticos e estendeu a pergunta da seguinte maneira: Sabendo que tais materiais são compostos por átomos o que o texto fala

sobre esses átomos? Nesse momento, os alunos recorreram ao texto para continuar a interação.

A turma 3M01 continuou interagindo e reiteramos a leitura da questão 8 para mediar a busca por argumentos no texto, quando num determinado momento um aluno respondeu que seria a agitação das moléculas causadas pelos elétrons. E nesse momento, pedimos para pensarem nos elétrons relacionando-os aos tipos de materiais apresentados anteriormente por outra aluna da turma, onde ela cita que os elétrons seriam os responsáveis pela atração ou repulsão dos materiais magnéticos. O aluno perguntou se seria o alinhamento dos elétrons.

Dando sequência à discussão, continuamos interpelando que um elétron sozinho não faria diferença no alinhamento do material, precisaria que a maioria dos elétrons se alinhassem para influenciar no magnetismo do material. Um terceiro aluno perguntou se estávamos falando de domínios magnéticos. Nesse momento, uma aluna comentou sobre materiais magnéticos e questionou se a resposta deveria ser sobre materiais magnéticos ou domínios magnéticos.

Então, sistematizamos para a turma que os materiais magnéticos são compostos por átomos e estes átomos são compostos por elétrons e que colocados em um campo magnético externo teriam seus momentos magnéticos intrínsecos tendendo a se alinhar a esse campo magnético externo. Solicitamos que os alunos refletissem e escrevessem sobre o que foi discutido em sala de aula.

As categorias definidas para esta questão foram: “Tipos de materiais”, “Momentos magnéticos intrínsecos” e “fugiu ao tema”. Assim, selecionamos um exemplo para cada categoria da turma 3M01.

Abaixo, transcrevemos os exemplos que se enquadram nas categorias “Tipos de materiais” e “Momentos magnéticos intrínsecos”. Na categoria “Momentos magnéticos intrínsecos” incluímos o exemplo do aluno A7 da turma 3M01 para demonstrar que seu comentário apresentado na turma estava presente na sua resposta.

Por que existem três tipos de materiais magnéticos, o diamagnético; o paramagnético; e o ferromagnético. O paramagnético e o ferromagnético possuem campos magnéticos (H) alinhados, já os diamagnéticos possuem um campo magnético (H) oposto (Aluno A8 da turma 3M01, 2021).

O aluno A8 da turma 3M01 citou os tipos de materiais e apresentou o alinhamento dos momentos magnéticos dos tipos de materiais. Desta forma, entendemos que onde o aluno escreveu “campos magnéticos (H)” estava se referindo ao que leu no parágrafo do texto que fala sobre o fenômeno da histerese apresentado pela curva de imantação em função do campo de indução magnética.

porque nem todos alcança os domínios magnéticos, ou seja, efeitos coletivos, para ser atraído os elétrons EM CONJUNTO precisam estar alinhado, e nem todos estão, por isso os individuais não obtêm a força de atração ou de serem repelidos. Para ser atraída necessita de serem coletivos (Aluno A14 da turma 3M01, 2021).

Nesse caso, o aluno A14 da turma 3M01 iniciou sua resposta possivelmente citando materiais magnéticos ou elétrons quando se refere a “porque nem todos alcança”. Entendemos que o aluno se refere aos elétrons, pois na sua resposta explica o comportamento dos elétrons colocando em caixa alta a expressão “em conjunto”.

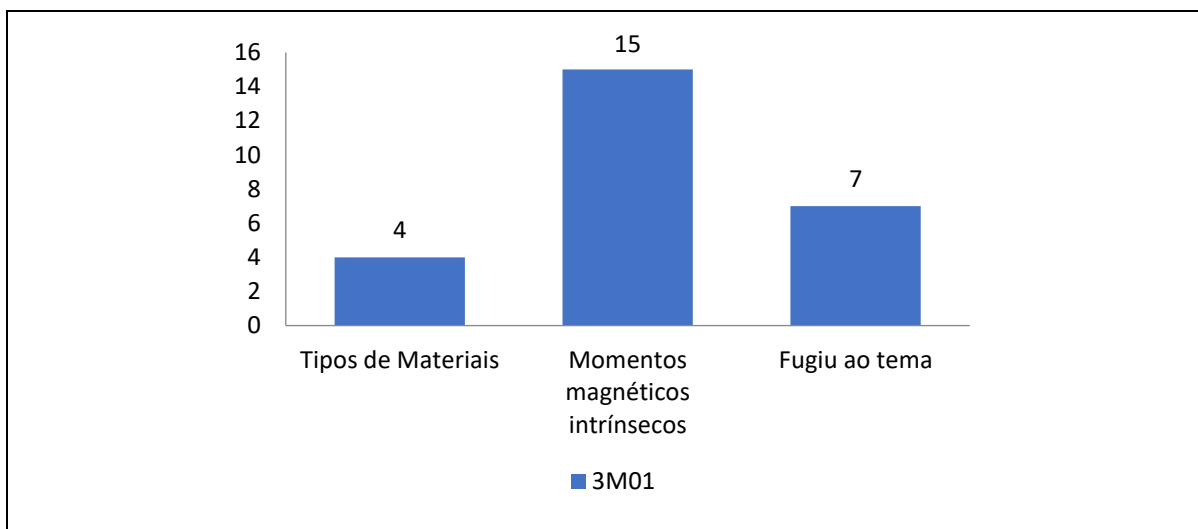
Para explicar o domínio magnético a nível microscópico, que são efeitos coletivos do momento magnético individual dos elétrons, o aluno A14 da turma 3M01 utilizou o termo força para demonstrar as propriedades de atração e repulsão.

Porque cada átomo possui um número de elétrons específicos e para criar um campo magnético é necessário que todos estejam alinhados para que o campo se forme, sendo a temperatura que causa agitação das moléculas e aumenta a velocidade dos átomos, um dos maiores problemas para a imantação de um objeto composto por materiais moléculas e átomos diferentes (Aluno A7 da turma 3M01, 2021).

O aluno A7 da turma 3M01 expressou na sua resposta o comentário que apresentou à sua turma. Optamos por acrescentar esse exemplo para destacar a mediação pedagógica, das interações que resultaram na construção desse argumento e na compreensão construída no processo. O aluno demonstra segurança e aceitação ao transcrever o argumento discutido em sala.

No Gráfico 18 mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 8 da turma 3M01.

Gráfico 18 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 8 da turma 3M01.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021).

Na turma 3M02, os alunos responderam à questão 8 sem comentários e questionamentos. Ao comunicar que começaria a questão 8, pedimos que a turma lembrasse da representação esquemática dos momentos magnéticos para os três tipos de materiais magnéticos representada na Figura 3. À medida em que interpelávamos durante o enunciado da questão os alunos faziam gestos de afirmativa ou negativa.

Obedecendo ao distanciamento, nos aproximamos para mediar a busca no Texto 2 com o título “Magnetização de um material” e continuamos interpelando se um átomo individual faria o material ser atraído pelo ímã e continuamos mediando a busca no texto.

No momento que estávamos próximo aos alunos, havia a interação professora-aluno e os alunos preferiam evitar comentar em voz alta dificultando a interação aluno-aluno. Desta forma, orientamos a turma a ler o texto para responder à questão 8 e, se precisassem, poderiam chamá-la individualmente à cadeira do aluno.



Assim, seguindo o mesmo procedimento que utilizamos na turma 3M01 selecionamos alguns exemplos da turma 3M02 que se enquadram nas categorias elaboradas.

por fazerem parte dos materiais diamagnéticos (Aluno A9 da turma 3M02, 2021).

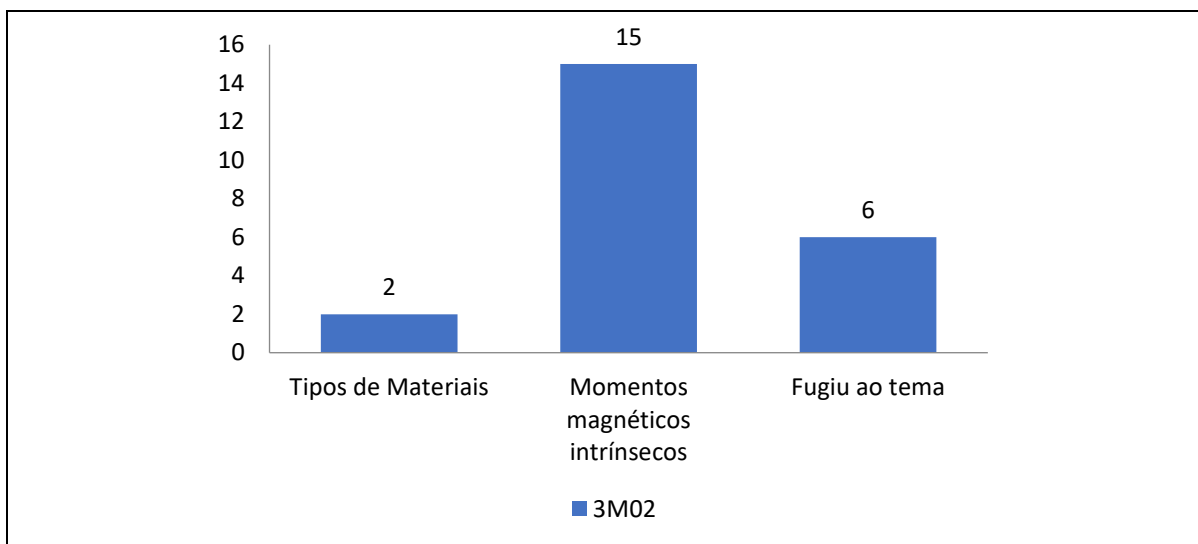
De forma resumida o aluno A9 da turma 3M02 demonstrou que a questão 8 se referia a um tipo de material magnético em seu entendimento.

cujos átomos não conseguem ser atraídos individualmente precisa de um alinhamento de átomos ferromagnético isso mostrar que, o mais importante nos materiais não é o momento magnético individual dos átomos, mas a capacidade das amostras domínios que são efeitos coletivos (Aluno A23 da turma 3M02, 2021).

O aluno A23 da turma 3M02 citou nossa interpelação que dizia o seguinte: um átomo individual faria o material ser atraído? Além disso, o aluno complementou a resposta com o trecho do Texto 2 intitulado “Magnetização de um material” onde falamos do aumento dos domínios magnéticos que resultam numa magnetização que dura por mais tempo.

No Gráfico 19, mostramos a frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 8 da turma 3M02.

Gráfico 19 - Frequência com que as categorias apareceram nas respostas dos alunos para a questão 8 da turma 3M01.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021).

A etapa sobre leitura de textos finalizou, socializando a evolução que perceberam sobre o conhecimento prévio que apresentavam na leitura dos textos com os títulos “A descoberta do magnetismo” e “Magnetização de um material” e as informações adquiridas a partir dos textos para responderem as questões. Essa sistematização do conhecimento foi realizada nas duas turmas. E, como estava nos minutos finais da aula, a turma manifestou certa ansiedade para as próximas etapas nas quais começariam as atividades práticas.

#### 5.4 DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

Começamos a etapa demonstração investigativa (APÊNDICE G) na primeira quinzena do mês de março de 2021. Colocamos os alunos sentados em fila e com distanciamento de um metro e meio entre as carteiras, em conformidade com o Plano Estratégico de Prevenção e Controle (PEPC). Desse modo, adaptamos um carrinho para transportar livros, pertencente à biblioteca, para desenvolver o experimento sobre linhas de indução de campo magnético. Na Figura 22, temos um registro fotográfico do carrinho com o aparato experimental apoiado sobre livros didáticos.

Figura 22 - Adaptação do aparato experimental utilizado na Demonstração Investigativa.



**Fonte:** Elaborado pela autora (2021).

O objetivo da atividade foi de verificar a existência de linhas de indução de campo magnético. Desta forma, a proposta era indagar a turma a respeito do comportamento das limalhas de ferro que estavam sobre a placa de acrílico na presença de um campo magnético externo. Depois da indagação, os alunos escreveriam suas hipóteses no roteiro que foi entregue a eles no começo da atividade. Após a demonstração investigativa que manuseamos, os alunos teriam a oportunidade de rever suas hipóteses podendo reescrevê-las baseando-se na Demonstração Investigativa.

Planejamos para a etapa Demonstração Investigativa o tempo de 1 aula, com período de 5 minutos para a formulação da hipótese inicial, 20 minutos para a demonstração do arranjo experimental com discussão coletiva entre professora-aluno e aluno-aluno, e 5 minutos dedicados à conclusão final.

Iniciamos a aula apresentando os materiais que foram utilizados para o arranjo experimental e, em seguida, preparamos o aparato com as limalhas sobre a placa de acrílico e pedimos que os alunos formassem hipóteses para as perguntas contidas no roteiro.

Abaixo, apresentamos e discutimos a aplicação de duas Demonstrações Investigativas: uma com ímã em forma de barra e outra com ímã em forma de ferradura

#### **5.4.1 Demonstração Investigativa 1 – Ímã em forma de barra**

Para começar a atividade entregamos o roteiro e reforçamos a importância do registro das hipóteses e das conclusões para a coleta de dados e, também, salientamos que a atividade consistia em observar a realização do experimento após o registro das hipóteses no roteiro.

Ao mostrar o ímã em forma de ferradura, na apresentação dos materiais para a turma 3M01, interpelamos os educandos sobre a função das cores contidas no ímã.

Após a pergunta, rapidamente um aluno respondeu que era para identificar os polos do ímã e, a partir dessa resposta, prosseguimos perguntando-os quais cores representavam cada polo do ímã, os quais responderam que a cor vermelha representava o polo norte e a cor azul representava o polo sul

Dando sequência, apresentamos a primeira Demonstração Investigativa que consistia em um ímã em forma de barra, uma placa de acrílico e um pouco de limalha de ferro. Assim, explicamos que registrassem no roteiro suas hipóteses, ou seja, o que aconteceria se aproximássemos o ímã por cima da placa de acrílico, e depois por baixo da placa de acrílico com as limalhas de ferro.

A partir das discussões ficou claro para nós que os educandos tinham a mesma hipótese quanto à aproximação do ímã em forma de barra vindo por cima da placa de acrílico. Estendemos a discussão para o que ocorreria se o ímã fosse aproximado por baixo. Um ambiente motivador faz com que o aluno confie na sua própria competência e enfrente os desafios que se apresentam na classe, bem como, os comentários receptivos ou não por parte do professor. Nesse sentido, um aluno perguntou se podia desenhar para explicar a possibilidade que cogitou e completamos dizendo que o desenho é uma forma de representar seu esquema sobre o assunto.

Sob essa perspectiva, selecionamos a resposta de dois alunos com suas hipóteses e conclusões para a demonstração investigativa sobre linhas de indução de campo magnético para o ímã em forma de barra.

Hipóteses formuladas pelo Aluno A26 da turma 3M01:

Aproximando por cima das limalhas	“Com o ímã por cima, eu acho que haverá uma movimentação das limalhas”.
Aproximando por baixo das limalhas	“Com o ímã por baixo, acho que o acrílico irá interferir, não deixando a movimentação acontecer”.

O aluno A26 da turma 3M01 faz o levantamento de suas hipóteses para a primeira pergunta sobre o que aconteceria se aproximássemos o ímã por cima e depois por

baixo da placa de acrílico. Em sua primeira hipótese o aluno apresentou que as limalhas de ferro não seriam atraídas pelo ímã e se movimentariam permanecendo na placa de acrílico. Para a segunda hipótese entendemos que o aluno acredita que não haveria nem atração e nem repulsão das limalhas de ferro pelo ímã, caracterizando que ainda mantém sua concepção espontânea que o aparato, a placa de acrílico, bloquearia a linhas de indução magnética.

Revisão das hipóteses formuladas pelo Aluno A26 da turma 3M01:

Aproximando por cima das limalhas	“Com o ímã por cima, as limalhas de ferro foram atraídas pelo ímã. Ficou tudo grudado no ímã. Minha hipótese foi que só mexeria as limalhas. Então, minha hipótese não está totalmente errada pois, ela se mexeu e foi atraída”.
Aproximando por baixo das limalhas	“Com o ímã por baixo, as limalhas de ferro formaram linhas(ondas) de indução magnética que saem do Norte e entram no Sul”.

Para iniciar a enculturação científica Sasseron e Carvalho (2008) asseveram que é preciso um ambiente de sala de aula que favoreça as habilidades associadas ao trabalho dos cientistas onde existam indicadores como, por exemplo, levantamento e teste de hipóteses e, também, a capacidade de sustentar suas previsões por meio de hipóteses, dados e/ou evidências levantadas.

O aluno observou sua primeira hipótese que o ímã atraiu as limalhas de ferro, enquanto acreditava que as limalhas apenas se movimentariam. Entendemos que o aluno se referiu a distribuição por todo o ímã, quando escreve “tudo grudado no ímã”.

Na segunda hipótese, o aluno A26 da turma 3M01 colocou uma observação entre parênteses que enxerga as linhas de indução magnética entre os polos como ondas, justificando sua resposta a partir da orientação das limalhas de ferro do polo Norte em direção ao polo Sul conforme as cores dos polos do ímã demonstrado com a utilização da bússola.

Hipóteses formuladas pelo Aluno A7 da turma 3M01:

Aproximando por cima das limalhas	“Por cima a limalha vai grudar no ímã”.
Aproximando por baixo das limalhas	“Por baixo a placa de acrílico ficará presa entre o ímã e a limalha”.

O aluno com sua concepção espontânea na hipótese sobre aproximar o ímã por cima da placa de acrílico, utilizou o termo grudar para indicar a atração das limalhas de ferro no ímã. Na hipótese sobre aproximar o ímã por baixo da placa de acrílico, o aluno escreve que aconteceria a atração e justificou que a placa de acrílico permaneceria entre a limalha de ferro e o ímã em forma de barra.

Revisão das hipóteses formuladas pelo Aluno A7 da turma 3M01:

Aproximando por cima das limalhas	“O ímã em barra puxa a limalha de forma “igualmente”, independente do polo. Hipótese se confirmou”.
Aproximando por baixo das limalhas	“as limalhas formam linhas de indução magnética pela limalha saindo do Norte e indo para o sul. Porém, por baixo o ímã faz com que a limalha pareça algo como “vários espinhos” nos polos, bem diferente do que eu achava”.

Na revisão de suas hipóteses, o aluno utiliza o termo “puxa” para indicar atração. Entendemos que mesmo com a discussão e a construção do conceito em aula o aluno optou por uma linguagem não científica, o que foi diferente da sua participação oral durante a demonstração.

No registro da revisão da hipótese sobre o comportamento das limalhas de ferro com o ímã por baixo da placa de acrílico o aluno apresentou ideias discutidas durante a demonstração.

Na turma 3M02, durante a apresentação dos materiais utilizados no aparato experimental um aluno solicitou a identificação de um ímã pela aparência, se era de neodímio ou de ferrite e o atendemos prontamente.

Dando continuidade, lemos com a turma as perguntas da proposta do ímã em forma de barra reiterando que escrevessem suas hipóteses para que depois da demonstração investigativa escrevessem se elas se confirmaram ou não.

Antes de começar a demonstração, pedimos que compartilhassem com a turma qual hipótese apresentaram sobre o que aconteceria com as limalhas de ferro ao aproximar o ímã por cima da placa de acrílico. Um aluno argumentou que o ímã atrairia as limalhas de ferro e a turma concordou acenando com a cabeça positivamente.

O aluno A9 da turma 3M02 perguntou, antes de começar a demonstração do ímã por cima da placa de acrílico, se o campo magnético do ímã interagiria com os átomos ou com os elétrons das limalhas de ferro. E mediamos, seu questionamento recordando o que leram nas etapas anteriores sobre o assunto e o aluno concluiu que seria a interação do campo magnético do ímã com os momentos magnéticos das limalhas de ferro, como podemos observar na confirmação da primeira hipótese sobre a demonstração do ímã por cima da placa de acrílico.

Em seguida, interpelamos os alunos sobre o que aconteceria com as limalhas de ferro se o ímã fosse aproximado por baixo da placa de acrílico. Os alunos permaneceram quietos. Com isso, fizemos a demonstração e interpelamos sobre o que estava acontecendo e um aluno observou que nos polos havia maior concentração de limalhas de ferro. Assim, continuamos interpelando sobre o que acontecia entre os polos e os alunos identificaram as linhas de indução magnéticas saindo do polo norte e entrando no polo sul.

Orientamos que registrassem se as hipóteses se confirmaram ou não. Assim, para exemplificar, selecionamos um exemplo entre os da turma 3M02.

Hipóteses formuladas pelo Aluno A23 da turma 3M02:

Aproximando por cima das limalhas	“Se o ímã se aproximar por cima, as limalhas serão atraídas se juntando e formando uma pequena protuberância pra cima”.
Aproximando por baixo das limalhas	“se o ímã se aproxima por baixo da plataforma de acrílico, elas reagirão mas de maneira fraca”.

Nesse caso, na hipótese, o aluno responde que na aproximação por cima da placa de acrílico o ímã atraía as limalhas de ferro sem retirá-las da placa de acrílico. E, na aproximação por baixo da placa de acrílico aconteceria uma reação sem especificar qual reação seria essa.

Agora, apresentamos a revisão das hipóteses formuladas pelo Aluno A23 da turma 3M02:

Aproximando por cima das limalhas	“As limalhas foram atraídas, mas diferente da minha primeira hipótese, as limalhas de ferro se juntaram e grudaram no ímã”.
Aproximando por baixo das limalhas	“os ímãs por baixo, as limalhas de ferro iram reagir, seguindo o movimento das linhas de indução magnéticas, onde sai do norte e vai para sul, as limalhas se concentraram nos polos”.

No caso da demonstração com a aproximação do ímã em forma de barra por cima da placa de acrílico o aluno A23 da turma 3M02 observou que um pouco de limalha de ferro grudou no ímã e, por isso, reafirmou sua hipótese quando deixou registrado que as limalhas se juntaram e grudaram no ímã em forma de barra.

No caso do ímã em forma de barra por baixo da placa de acrílico, o aluno registrou que as limalhas de ferro se orientavam conforme as linhas de indução magnéticas saindo do polo norte e dirigindo-se ao polo sul, com maior concentração nas extremidades do ímã (os polos).

Para a próxima demonstração alguns alunos utilizaram desenhos como recurso para explicarem as suas hipóteses.

#### **5.4.2 Proposta 2 – Ímã em forma de ferradura**

Na turma 3M01 orientamos os alunos que refletissem sobre o comportamento das linhas de indução magnética quando formulassem as hipóteses para o ímã aproximado por baixo da placa de acrílico.



Os alunos conversaram entre si durante o tempo cronometrado para formularem as hipóteses sobre o comportamento das limalhas de ferro, quando o ímã estivesse por baixo da placa de acrílico. Uma aluna pediu para manusear o ímã em forma de ferradura para visualizar como se comportaria as limalhas de ferro.

Agora, selecionamos o registro do aluno A26 da turma 3M01 para a demonstração investigativa com o ímã em forma de ferradura.

Hipóteses formuladas pelo Aluno A26 da turma 3M01:

Aproximando por cima das limalhas	“Com o ímã por cima, irá acontecer a mesma coisa com o ímã em barra, o ímã vai atrair as limalhas”.
Aproximando por baixo das limalhas	“Com o ímã ferradura por baixo, também acho que irá formar as linhas de indução magnética, só que com o formato diferente. Também acho que esse ímã é mais forte”.

O Aluno A26 da turma 3M01 propôs que o fenômeno se repetiria e as limalhas também seriam atraídas, se colocássemos o ímã em forma de ferradura por cima da placa de acrílico. Se colocássemos o ímã em forma de ferradura por baixo da placa de acrílico, formariam as linhas de indução magnética orientadas conforme o desenho do ímã ferradura.

Revisão das hipóteses formuladas pelo Aluno A26 da turma 3M01:

Aproximando por cima das limalhas	“Minha hipótese foi confirmada. As limalhas foram atraídas, mas não apenas pelos polos magnéticos e, sim, por todo o prolongamento do ímã em forma de ferradura”.
Aproximando por baixo das limalhas	“Minha hipótese foi confirmada. As limalhas formam linhas, que saem do norte e entram no sul, só que com o formato do ímã (forma de “U”)”.

O aluno A26 da turma 3M01 confirmou suas hipóteses justificando o comportamento das limalhas de ferro conforme as linhas de indução magnéticas, que por cima foram

atraídas pelo ímã em forma de ferradura e, por baixo, a pesquisadora entendeu que o aluno observou as linhas de indução magnéticas entre os polos magnéticos.

Para a turma 3M02, seguimos o mesmo procedimento adotada na turma 3M01 pedindo para os alunos formularem suas hipóteses a partir da demonstração investigativa dizerem se a hipótese se confirmou ou não. Além disso, sugerimos que eles usassem desenhos para registrar suas hipóteses para que pudessem posteriormente compartilhar com a turma.

Enquanto os alunos formulavam suas hipóteses e registravam, um aluno chamou nossa atenção, pois desenhava sua hipótese e em seguida escrevia o que estava visualizando.

Antes de começar a demonstração perguntamos à turma qual seria a hipótese se o ímã em forma de ferradura fosse aproximado por cima da placa de acrílico. Um aluno disse que as limalhas de ferro seriam atraídas mais para um polo porque as linhas de indução magnética obedeciam ao formato do ímã em forma de ferradura.

Na sequência, outro aluno apresentou a hipótese de que no ímã em forma de ferradura a atração é maior entre os polos, por isso as limalhas de ferro se concentram mais nas extremidades.

Selecionamos um exemplo sobre o ímã em forma de ferradura.

Hipóteses formuladas pelo Aluno A9 da turma 3M02:

Aproximando por cima das limalhas	“A limalha será fortemente atraída pelas pontas do ímã de ferradura onde se localiza os polos”.
Aproximando por baixo das limalhas	“Já por baixo colocado em pé haverá o mesmo acontecimento que por cima da plataforma, mas deitada a limalha será atraída por todo o ímã tendo foco maior nas pontas onde se encontram os polos”.

Observamos que o aluno A9 da turma 3M02 apresentou na primeira hipótese que quando o ímã em forma de ferradura for aproximado por cima da placa de acrílico, as limalhas de ferro seriam atraídas pelos polos magnéticos do ímã. Além disso, ele registrou na segunda hipótese que com o ímã na posição perpendicular por baixo da placa de acrílico as limalhas de ferro se comportariam como na primeira hipótese. Com o ímã na posição paralela à placa de acrílico, as limalhas de ferro iriam se orientar com as linhas de indução magnética, concentrando-se no entorno dos polos magnéticos.

Revisão das hipóteses formuladas pelo Aluno A9 da turma 3M02:

Aproximando por cima das limalhas	“As limalhas foram atraídas e grudaram no ímã, mas não só nos polos como na hipótese anterior e sim por todo o ímã”.
Aproximando por baixo das limalhas	“As limalhas se concentraram nos polos e formaram as linhas de indução magnéticas, indo do polo norte ao polo sul, obedecendo o formato do ímã de ferradura e entre os polos conectando-os”.

A primeira hipótese do aluno A9 da turma 3M02, confirmou-se quanto à atração, quando colocamos o ímã em forma de ferradura na posição paralela por cima da placa de acrílico. O aluno revisou a hipótese ao observar que as limalhas eram atraídas por todo o ímã em forma de ferradura.

Na segunda hipótese, o aluno A9 da turma 3M02 considerou que o comportamento das limalhas de ferro era igual ao da sua hipótese, sem mencionar a posição do ímã. Mesmo assim, o aluno registrou as linhas de indução magnética entre os polos magnéticos como visto na demonstração investigativa. Entendemos que o aluno observou e entendeu o comportamento das linhas de indução magnética entre os polos magnéticos.

Figura 23 - Arranjo experimental tridimensional para visualização das linhas de campo magnético utilizado na demonstração investigativa.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Após as Demonstrações Investigativas, a professora apresentou o arranjo experimental para visualização das linhas de indução magnéticas em 3 dimensões. Com isso, finalizamos a etapa Demonstração Investigativa.

## 5.5 QUESTÕES ABERTAS

A etapa de Questões Abertas (AZEVEDO, 2004) foi aplicada na primeira quinzena do mês de março de 2021. Esta aplicação foi individual, devido aos protocolos de segurança estipulados pelo Secretaria de Saúde (APÊNDICE H).

O objetivo desta atividade foi de desenvolver a capacidade de reflexão e organização, além de estimular o uso da linguagem científica após a etapa da Demonstração Investigativa.

Planejamos esta etapa com duração de 100 minutos para realização de 7 questões abertas relacionadas ao cotidiano do aluno. Analisamos um total de 35 formulários: 25 da turma 3M1 e 10 da 3M2.

### 5.5.1 Análise da questão 1 das questões abertas

Na turma 3M01, lemos a primeira questão com os alunos e ao terminar interpelamos a turma sobre qual objeto lembravam ao falar de magnetismo e o que fazia os alunos lembrarem desse objeto.

Antes de responder à questão, fizemos uma pequena discussão sobre os objetos que exibem magnetismo com os alunos. Na sequência cada um dos alunos respondeu à questão utilizando suas próprias palavras, justificando sua escolha. Neste sentido, Carvalho (2014) assevera que as discussões em sala de aula são importantes para a construção do conhecimento. Selecionamos um exemplo de resposta dada por um aluno da turma 3M01, sobre o objeto que faz lembrar o magnetismo.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M01:**

“Eu penso a bússola pelo fato da agulha se movimentar devido ao ímã e o campo magnético”.

O aluno cita a bússola por associá-la à orientação dos polos magnéticos do planeta Terra e as propriedades magnéticas do material, justificativas apresentadas em sala de aula quando ocorreram as discussões.

Os objetos observados nas respostas dos alunos desta turma, por ordem dos mais citados para os menos citados, foram: ímã, bússola e pó de ferro.

Na turma 3M02 seguimos o mesmo procedimento de aplicação adotado na turma 3M01. Após a discussão com os alunos, pedimos que registrassem o motivo pelo qual eles escolheram aquele objeto específico. Na sequência, sistematizamos com os alunos as justificativas para os objetos citados e pedimos que registrassem as conclusões. Selecionamos a resposta de um aluno da turma 3M02, cujo objeto faz lembrar o magnetismo.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02:**

“Ímã, porque vejo muito no meu dia a dia e desde pequeno sou atraído e apaixonado por ímãs e suas capacidades de atrair materiais e sua capacidade de

atrair e repelir outros ímãs”.

O aluno A9 da turma 3M02 justifica sua escolha pelo interesse anterior a SEI devido às propriedades magnéticas do ímã e a força magnética de atração e repulsão.

Os alunos da turma 3M02 citaram os ímãs e bússolas como objetos que os fazem lembrar do magnetismo presente no dia a dia.

### 5.5.2 Análise da questão 2 das questões abertas

A questão 2 apresenta o problema de Marta, que quer colocar um quadro direto na parede e não consegue segurar o quadro e o parafuso ao mesmo tempo. A informação contida na questão 2 é que Marta tem uma coleção de ímãs de geladeira e esses ímãs podem ajudá-la na fixação do quadro.

Na turma 3M01, um aluno argumentou que existem furadeiras que ao ligar atraem parafusos e mediamos pedindo para imaginar que Marta teria uma furadeira sem esse recurso. Em seguida, outro aluno disse que poderia colocar o ímã entre a broca da furadeira e o parafuso, porém os alunos o indagaram como o parafuso seria encaixado na furadeira para enroscar na parede.

Na sequência, a aluna A14 fez gestos com a mão dando a entender um movimento de fricção do ímã com a broca da furadeira. Então, baseado nos gestos da aluna perguntamos à turma: qual processo a colega estava se referindo? O aluno A7 respondeu que era o processo de imantação.

Nesse momento, pedimos para escreverem sobre o que foi discutido. Abaixo, selecionamos um exemplo sobre imantação de materiais ferromagnéticos extraído do formulário do aluno A8 da turma 3M01.

Transcrição da resposta do **Aluno A8 da turma 3M01**:

“Ela pode pegar a broca e imantar ela, passando o ímã várias vezes, do mesmo jeito na broca. Assim ela ficará imantada e sendo atraída pelo parafuso, então ela terá mais facilidade em encaixar a broca”.

O exemplo do aluno A8 da turma 3M01 foi selecionado, porque ele escreveu que a broca da furadeira seria atraída pelo parafuso. Assim, observamos a necessidade de reiterar com a turma o alinhamento dos momentos magnéticos ao campo magnético externo.

Na turma 3M02, seguimos o mesmo procedimento de aplicação que adotamos na turma 3M01. Perguntamos a turma 3M02 sobre o problema de Marta, o aluno A17 respondeu que a fricção do ímã com a broca da furadeira produziria na broca uma imantação. Perguntamos qual seria o nome desse processo?

Abaixo, selecionamos um exemplo sobre imantação de materiais ferromagnéticos extraído do formulário do aluno A11 da turma 3M02.

Transcrição da resposta do **Aluno A11 da turma 3M02:**

“Os ímãs podem ser usados para magnetizar o parafuso ou a furadeira, ou ambos para que o parafuso seja atraído pela ponta da broca”.
--

Vemos que o aluno A11 apresentou três opções de magnetização para que a broca da furadeira e o parafuso tornem-se imantados.

### **5.5.3 Análise da questão 3 das questões abertas**

Na questão 3, apresentamos as indagações de um professor de Física, pai de Daniel, ao seu filho sobre como identificar os polos de um ímã e a presença de outro ímã nas proximidades.

Na turma 3M01, após a leitura da questão perguntamos o seguinte: se os alunos fossem o filho do professor de Física, como responderiam as perguntas do pai? A resposta dos alunos foi que usariam uma bússola.

Selecionamos a resposta do aluno A7 sobre a identificação dos polos magnéticos de um ímã em forma de barra.

Transcrição da resposta do **Aluno A7 da turma 3M01**:

“Pegaria algo de ferro e observaria qual dos dois lados, o de cima e o de baixo, visando que estaria na vertical, possui maior atração. Para saber se há outro ímã, eu olharia se, quando junto de algo parecido com um ímã ele tanto atrai quanto afasta, dependendo dos polos; assim eu saberia se é um ímã”.

O exemplo selecionado mostra que as etapas anteriores contribuíram para a construção de sua escrita, pois pela afirmação “possui maior atração” entendemos que o aluno se referiu às linhas de indução magnética que saem do polo norte e entram no polo sul para definir onde o objeto de ferro seria atraído com maior intensidade.

Em seguida, o aluno escreveu sobre propriedades magnéticas do ímã para reconhecer outro ímã próximo.

O recurso mais citado na turma 3M01 para identificar os polos magnéticos de um ímã e para reconhecer outro ímã próximo, foi a bússola.

Ao terminar a leitura da questão 3, na turma 3M02, interpelamos as hipóteses para identificar os polos magnéticos de um ímã com o que aprenderam nas etapas anteriores.

Os alunos afirmaram que identificariam pela cor dos polos magnéticos. Então, interpelamos: se não houvesse cores para a identificação? E um aluno respondeu que usaria uma bússola.

Em seguida, propomos que não houvesse uma bússola na caixa e o aluno A17 argumentou que com outro ímã saberia que os polos iguais se repelem e polos opostos se atraem, mas ficaria difícil identificar qual polo seria. Assim, as respostas dadas pela turma 3M02 foram bem divididas entre as discussões apresentadas e, por isso selecionamos a resposta do aluno A9 sobre como identificar os polos de um ímã e a presença de outro ímã na proximidade.



Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02**:

“usaria uma bússola onde o sul da bússola seria o norte do ímã e o norte da bússola o sul do ímã.  
Saberíamos a proximidade de outro ímã através da atração do nosso ímã, ele seria puxado (atraído) fortemente até o outro ímã”.

A estrutura da resposta selecionada é uma das hipóteses esperadas para especificar os polos do ímã conforme a orientação da bússola.

#### **5.5.4 Análise da questão 4 das questões abertas**

Depois que lemos a questão 4, que trata da influência dos aparelhos eletrônicos na orientação de uma bússola, os alunos ficaram pensativos e discutindo entre eles. Depois disso, quatro alunos conversaram sobre o assunto e, na sequência, toda a turma se concentrou para responder à pergunta.

Dessa forma, selecionamos um exemplo da turma 3M01 sobre a questão 4.

Transcrição da resposta do **Aluno A17 da turma 3M01**:

“Existe algum ponto magnético nesses aparelhos que estão causando a desorientação”.

Na hipótese escolhida, consta o termo “desorientação” utilizado por esse aluno para demonstrar que a agulha da bússola se orienta naturalmente com os polos magnéticos da Terra e essa desorientação, causada por um ímã, indica a influência da força magnética sobre a bússola.

Na turma 3M02, após a leitura da questão 4 com a turma, fizemos uma alusão ao cenário em que Paulinha está na sala de casa passando pelos aparelhos eletrônicos que influenciam na orientação da bússola em sua mão. Em seguida, perguntamos aos alunos o que esses objetos possuíam que poderia causar esse deslocamento da agulha da bússola.

Um aluno respondeu que os campos magnéticos da bússola, da televisão e do home theater estavam interagindo. E esse comentário tornou-se a resposta dele. Selecionamos um exemplo em que o aluno cita o termo “desorientação” em sua resposta para a explicação do ocorrido.

Transcrição da resposta do **Aluno A17 da turma 3M02**:

“A televisão está atraindo o polo da bússola, assim desorientando-a junto com o home theater”.
--

O aluno associa a orientação dos polos da bússola ao conjunto de objetos, televisão e home theater, e, nesse caso, a bússola seria atraída por esses objetos. Com isso, entendemos que a aluna chegou à conclusão que um campo magnético secundário pode atrapalhar a orientação por meio de uma bússola.

### **5.5.5 Análise da questão 5 das questões abertas**

O enunciado da questão 5 falava sobre a orientação da bússola na direção norte-sul da Terra e o que poderia fazê-la mudar de posição. Lemos o enunciado com os alunos e indagamos se o problema da questão anterior ajudaria a entender o que se pede no enunciado da questão 5.

Continuamos indagando sobre o alinhamento da agulha da bússola com os hemisférios norte e sul do planeta Terra. Uma aluna respondeu que existem polos geográficos e polos magnéticos e outro aluno completou a fala da aluna, que os polos magnéticos da Terra formam um campo magnético do planeta.

Na sequência, indagamos sobre o que pensavam a respeito da mudança na posição da agulha da bússola e uma aluna lembrou-se da questão 3, em que precisava de uma bússola para identificar os polos de um ímã. Os outros alunos confirmaram que também pensaram num ímã próximo à bússola, quando um aluno citou que um material magnetizado também poderia mudar a posição da agulha da bússola. Dessa forma, resumimos os comentários na lousa orientando-os que escrevessem suas respostas. Selecionamos um exemplo da questão 5.

Transcrição da resposta do **Aluno A7 da turma 3M01**

“A agulha imantada vai apontar pro campo magnético mais próximo e mais forte; quando não há um campo muito próximo a ela vai se guiar pelo mais forte que encontrar, no caso, o da Terra, apontando, assim, pro Norte e seguindo seu campo”.

O aluno cita o processo de imantação do material ferromagnético que compõe a agulha da bússola e a orientação com o campo magnético externo mais próximo. Além disso, ele justifica que sem um campo magnético externo próximo, a orientação natural da agulha da bússola seria o campo magnético do planeta Terra. O aluno A7 da turma 3M01 se aproximou da resposta esperada.

Na turma 3M02 lemos o enunciado da questão 5 com a turma e repetiu o desenvolvimento das indagações da turma 3M01. No momento em que indagamos sobre os hemisférios e polos magnéticos, um aluno lembrou-se do experimento citado no Texto 1 intitulado: “A descoberta do Magnetismo” na etapa 2, com uma pedra-ímã em forma de esfera de Petrus Peregrinus.

A discussão com a turma ocorreu a partir desse comentário sobre o experimento de Petrus Peregrinus cujos alunos citaram o campo magnético do planeta Terra como a orientação da agulha da bússola. Na sequência, indagamos sobre o que pensavam sobre a mudança de posição da agulha da bússola e os alunos citaram a presença de outro ímã. Logo, perguntamos se apenas o ímã mudaria a posição da agulha da bússola? Orientamos a turma que existiam outros materiais que passam por processos de imantação além da agulha da bússola como fora discutido na questão 2, quando Marta precisou imantar a broca da furadeira.

Perguntamos o seguinte: se aproximássemos a bússola e a broca, a agulha da bússola mudaria sua posição? Os alunos conversaram entre eles e um aluno respondeu que a turma concordava que sim. Transcrevemos a discussão no quadro branco e orientamos os alunos que registrassem suas respostas.

Selecionamos um exemplo da questão 5 e observamos que os alunos registraram suas repostas com pouca precisão científica.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02**.

“após imantar a agulha ela ganha um campo magnético logo ganhando polos, e seus polos serão atraídos pelos polos da Terra. Um ímã sendo colocado próximo a ela”.

A resposta do aluno se referiu ao processo de imantação e ele utilizou o termo ganhar para falar sobre as propriedades temporárias ou permanentes de um ímã adquiridas pelo material ferromagnético da agulha da bússola. Quanto ao fato da agulha mudar de posição o aluno não citou os materiais que podem passar por processos de imantação semelhantes ao da bússola.

#### **5.5.6 Análise da questão 6 das questões abertas**

A questão 6 tinha como objetivo investigar se o aluno era capaz de identificar maneiras de impedir um ímã de atrair outro ímã. Depois que lemos a questão com a turma, indagamos os alunos se eles poderiam propor um material ou processo para impedir que um ímã atraísse outro ímã como pede no enunciado.

Enquanto os alunos pensavam, pegamos dois ímãs em forma de barra e de mesmo tamanho. Colocamos os ímãs entre o assento de polietileno de uma cadeira e perguntamos aos alunos o seguinte: se segurasse um ímã o que aconteceria com o outro ímã? Depois da discussão mostramos que os ímãs seriam atraídos. Além disso, colocamos um ímã próximo ao plástico e, com isso, os alunos observaram que o plástico não era atraído pelo ímã.

Em seguida, colocamos os ímãs entre o vidro da janela e eles foram atraídos. Então, um aluno propôs que colocasse entre dois vidros da janela já que tinha um espaço entre eles, porém indagamos sobre o que estava entre os vidros e o aluno respondeu que estavam preenchidos de ar. Neste caso os ímãs não foram atraídos.

Colocamos os ímãs entre o tampo da mesa do professor e repetimos a pergunta sobre o que aconteceria e a turma observou que não foram atraídos. Depois colocamos os ímãs sobre a mesa e foi afastando-os para que os alunos observassem que o campo magnético enfraquecia, conforme aumentava a distância entre eles. Nesse momento, um aluno perguntou se colocasse os ímãs com polos iguais estaria certo para impedir que um ímã atraísse outro ímã. Testamos a hipótese do aluno e a turma observou que inicialmente os ímãs se repelem, mas devido a força magnética, o ímã gira e volta a atrair o polo oposto.

Recapitulamos o que observaram em tópicos no quadro branco e fizemos um resumo sobre o assunto, orientando os alunos a registrarem sua resposta. Selecionamos um exemplo em que o aluno citou um termo para explicar a intensidade do campo.

Transcrição da resposta do **Aluno A14 da turma 3M01**.

“Sim. Fazendo ele perder o “poder” dele de ímã. Ou então se colocarmos algum material entre eles, como madeira por exemplo, ou então quando os polos estão colocados na mesma direção por exemplo: P.N – P.N”.
--

Entendemos que o aluno A14 da turma 3M01 utilizou o termo “poder” para mostrar que a distância enfraquecia a força de atração do ímã. Além disso, o aluno citou que o material da superfície da mesa do professor tornou difícil para o campo magnético dos ímãs vencerem o atrito que esse material apresentava. Por último, o aluno citou os polos iguais para impedir que um ímã atraia outro ímã.

Para a turma 3M02 demonstramos o afastamento dos ímãs que enfraqueciam seus campos magnéticos pretendendo focar as respostas dos alunos nessa forma de impedir que um ímã atraísse outro ímã.

Um aluno citou a desmagnetização dos ímãs para impedir a atração dos mesmos. Explicamos que não era possível demonstrar o resultado. Selecionamos um exemplo que cita a desmagnetização.

Transcrição da resposta do **Aluno A7 da turma 3M02**.

“Se aproximarmos ambos pelos mesmos polos, com norte com norte ou sul com sul, onde vão se repelir, também é possível retirar o magnetismo de um ímã, onde o processo mais simples para isso seria deixar ele cair muito no chão. Colocados em lugares que impeçam seus campos, também serve”.

Entendemos que na afirmação do aluno em lugares que impeçam seus campos, ele se referiu ao afastar os ímãs para enfraquecer o campo magnético dos mesmos. O aluno apresenta o que foi discutido em sala de aula, se aproximando-se da resposta esperada.

### **5.5.7 Análise da questão 7 das questões abertas**

O objetivo da questão 7 foi sondar se os alunos entenderam o processo de imantação ou magnetização e as propriedades temporárias ou permanentes de um ímã. Lemos a questão com a turma e a indagamos se um objeto poderia se tornar um ímã permanente. Os alunos apresentaram o material ferromagnético como um exemplo que é possível fazer um ímã.

Em seguida, indagamos se os alunos sabiam dizer quantos cliques de papel um ímã poderia segurar. Um aluno disse que dependia do tamanho do ímã e um outro afirmou que precisava mensurar a massa total dos cliques e compará-las à força magnética do ímã.

Outro aluno disse se o clipe é atraído pelo ímã, então ele seria um material ferromagnético e poderia atrair outro clipe. Assim, um clipe poderia atrair vários outros cliques e assim por diante

Para responder à pergunta, recapitulamos com a turma que aluno apresentou o processo de magnetização por indução no qual o material ferromagnético adquiriu propriedades temporárias de um ímã e que era preciso lembrar da questão anterior, pois se afastássemos os ímãs os seus respectivos campos magnéticos ficariam

fracos. Então, se os cliques fossem colocados bem próximos do polo de um ímã poderiam atrair uma quantidade maior de cliques.

Dessa forma, selecionamos um exemplo, retirado das fichas dos alunos, sobre propriedades magnéticas de um material ferromagnético.

Transcrição da resposta do **Aluno A7 da turma 3M01**.

“Se for metálico é possível ser imantado, e, assim, obter características magnéticas. O número máximo de cliques de papel que podem se pendurar em um ímã deve ser: a massa total dos cliques em comparação com a força magnética”.

A resposta do aluno A7 da turma 3M01 representa a discussão em sala de aula. Utilizou o termo metálico para se referir ao objeto de material ferromagnético que passaria pelo processo de magnetização para se tornar um ímã. E, associou a massa dos cliques pendurados no ímã à intensidade do campo magnético representada pelo termo força magnética.

O começo da discussão com a turma 3M02 foi parecido com a turma 3M01. Os alunos relataram o processo de imantação da agulha da bússola para exemplificar como um objeto pode se tornar um ímã, por fricção. Com isso, perguntamos como se chamava o material da agulha da bússola e alguns responderam que se tratava de um material ferromagnético, e outros, como um material como o metal.

Na sequência, indagamos a turma sobre a quantidade de cliques que poderia ser pendurado no ímã e os alunos também citaram o tamanho do magneto como um fator a ser considerado na resposta. Assim, indagamo-lo se o campo magnético era influenciado pelo tamanho do ímã, o que os alunos responderam a partir da Demonstração Investigativa que o ímã pequeno em forma de barra atrairia menos cliques que um ímã em forma de barra maior.

Lembramos a turma que não alterou a quantidade de limalhas de ferro para as Demonstrações Investigativas dos ímãs em forma de barra e em forma de ferradura e que os dois ímãs atraíram igualmente toda a limalha. Selecionamos um exemplo retirado das fichas dos alunos sobre as propriedades magnéticas de um ímã.

Transcrição da resposta do **Aluno A5 da turma 3M02**.

“Sim, se ele for “compatível” com o processo de imantação o objeto pode adquirir propriedades magnéticas. Dependendo do tamanho e força do ímã, vários cliques podem ser pendurados”.

O aluno utilizou o termo compatível para definir o material ferromagnético no processo de imantação onde adquiriu propriedades magnéticas. O aluno continuou com a concepção espontânea sobre o tamanho do ímã e incluiu a força de atração.

## 5.6 PROBLEMAS ABERTOS

A etapa denominada Problemas Abertos (APÊNDICE I) foi dividida em 2 momentos: O primeiro momento foi sobre o experimento de Oersted que tinha como objetivo observar que campo magnético pode ser criado por meio de uma corrente elétrica; já o segundo momento, tinha por objetivo principal analisar a influência de outros materiais na intensidade do campo magnético.

Aplicamos essa atividade na primeira semana do mês de junho de 2021 com um quantitativo de 26 alunos, sendo que 15 alunos foram da turma 3M01 e 11 alunos da turma 3M02. Desenvolvemos a atividade no refeitório da escola com as duas turmas para que os alunos pudessem manusear os arranjos experimentais com distanciamento social, pois a escola não possui laboratório de Física.

### 5.6.1 Primeiro momento – Experimento de Oersted

Começamos a atividade distribuindo os kits que constavam de um circuito fechado formado por uma chave, uma bateria e fio de cobre. Esperamos que os alunos pudessem manusear o aparato antes do início da atividade.

Na sequência, pedimos para que os alunos colocassem a bússola embaixo do fio condutor retilíneo paralelo à orientação norte-sul da Terra. Depois percorremos os grupos para verificar se os arranjos estavam como ela orientou.



Após verificar todos os grupos, orientamos os alunos a observarem a orientação da bússola antes de acionar a chave do circuito, reiterando que acionassem a chave somente quando autorizássemos e também, desligasse a chave quando solicitados.

Chamamos a atenção para o fato que a SEI foi planejada para aplicação atemporal e que em especial este ano as orientações curriculares da Secretaria de Educação (SEDU) do Estado do Espírito Santo foram de resgatar conteúdos da série anterior no primeiro trimestre do ano de 2021, ou seja, os alunos começariam a estudar o conteúdo de eletricidade a partir do segundo trimestre na 3ª série do ensino médio.

Os alunos confirmaram os pontos cardeais entre eles para reconhecer a orientação leste-oeste. Então, perguntamos se estavam prontos para a primeira observação: o comportamento da agulha por baixo do fio condutor retilíneo. Autorizamos o acionamento da chave e poucos segundos depois solicitou que a desligassem.

Na sequência, perguntamos o que observaram e os alunos relataram que a agulha se movimentou e ficou numa posição diferente da inicial. Explicamos que o arranjo experimental é um circuito aberto e no momento que acionaram a chave, fecharam o circuito. Ao fechar o circuito acontece a passagem de corrente elétrica do polo positivo, que estava indicado na bateria, para o polo negativo.

Explicamos que a corrente elétrica cria um campo magnético que altera a orientação da ponta vermelha da agulha da bússola da mesma forma que o campo magnético da Terra influencia a agulha da bússola. Com isso, os alunos perguntaram se a agulha da bússola apontava sempre para mesma direção. Pedimos que cada grupo dissesse qual a direção que a ponta vermelha da agulha, indicava. Alguns grupos informaram para o leste e outros para oeste.

Lembramos que a questão 10 do Questionário Prévio que tratava do experimento de Oersted dizia que o desvio da posição da agulha chamava-se deflexão e que, também poderíamos chamar a deflexão para o leste de sentido horário e a deflexão para oeste de sentido anti-horário.

Dessa forma, explanamos para os alunos que esse experimento de Oersted foi um marco para o estudo da eletricidade e do magnetismo juntos, o eletromagnetismo.

Pedimos para que os alunos registrassem a observação no roteiro. Para isso, selecionamos os exemplos de dois alunos para analisar o que registraram. Como a atividade aconteceu no refeitório, não tínhamos o quadro branco para anotações da discussão.

Transcrição da resposta do **Aluno A7 da turma 3M01**

“É possível observar um deslocamento estável do norte para, aproximadamente, 90° Leste”.

O registro do aluno afirma que com o circuito aberto a ponta vermelha da agulha da bússola estava direcionada para o norte. E ao fechar o circuito a agulha da bússola sofre um deslocamento no sentido horário.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02.**

“Ao colocar a bussola alinhado norte e sul paralelo ao fio condutor retilíneo, e ao ligar ela sofreu um deslocamento angular, uma deflexão, para leste”.

Vemos que o aluno A9 da turma 3M02 utilizou os termos discutidos no refeitório que antecederam o registro da observação. Assim, conforme observa Carvalho:

É na argumentação dos alunos que o professor pode tomar consciência das relações que são realizadas, das ideias trocadas e do conhecimento que seus alunos estão construindo a partir da atividade. Essa tomada de consciência do professor é possível por meio da argumentação oral ou escrita (CARVALHO, 2019, p. 65).

Depois do registro das observações da primeira pergunta, orientamos os alunos que na próxima observação eles movimentariam a bússola em torno do fio condutor retilíneo. Para nos certificarmos que os alunos estavam executando corretamente, passamos em cada grupo demonstrando o movimento aos alunos. Autorizamos o acionamento da chave do circuito para executarem o movimento.

Ao desligar a chave, perguntamos aos alunos o que observaram. Nesse momento, pedimos que antes de responder, conversassem com os colegas do grupo para a conformidade das observações.

Os grupos alinhados nas observações começaram a responder que inverteu a posição da agulha, ou seja, a agulha da bússola que estava para o leste se deslocou para o oeste com o movimento em torno do fio.

Explicamos que na Demonstração Investigativa, visualizamos as linhas de indução magnética dos ímãs onde as limalhas de ferro eram como pequenas bússolas e que no fio condutor retilíneo, as linhas de indução formam uma circunferência concêntrica em torno do fio. Fizemos gestos para ser melhor entendido, imitando as linhas de indução magnética de um ímã em forma de barra e depois do fio condutor retilíneo. Explicamos que a orientação das linhas de indução magnética do fio condutor retilíneo forma uma circunferência onde o centro dela é o fio.

Por isso, a cada posição em torno do fio condutor retilíneo a agulha ficava numa posição diferente. Assim, apresentamos abaixo como nossos alunos registraram sua observação.

Transcrição da resposta do **Aluno A7 da turma 3M01**

“Por baixo da linha com o sistema ligado, ele sofreu uma deflexão de, aproximadamente,  $90^\circ$  para Leste; ao mover para cima do fio, outra deflexão de, aproximadamente,  $180^\circ$  para Oeste ocorre”.

O aluno A7 da turma 3M01 confirma a primeira observação, que ao acionar a chave de liga a ponta vermelha (norte) da agulha da bússola apontou no sentido horário e apresentou o deslocamento de um ângulo agudo. Ao posicionar a bússola por cima do fio condutor retilíneo, a ponta vermelha (norte) da agulha se moveu do leste para o oeste e apresentou o deslocamento de um ângulo obtuso.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02.**

“Ao colocar a bússola alinhado norte e sul paralelo ao fio condutor retilíneo, e ao

ligar ela sofreu deflexão, estando em baixo leste ao lado voltou ao norte em cima foi para o oeste ao lado voltou ao norte”.

O aluno A9 da turma 3M02 relata a orientação da ponta vermelha da agulha da bússola à linha de indução magnética seguindo a circunferência concêntrica. Entendemos que o aluno quis dizer inversão da ponta vermelha da agulha da bússola ao posicioná-la para o sentido horário por cima do fio condutor retilíneo.

Na sequência, preparamos os alunos para a próxima pergunta e os orientamos a mudar a posição do aparato experimental para continuar com a bússola na orientação norte-sul. Novamente percorremos os grupos para verificar se os arranjos experimentais estavam em conformidade. Nesse momento, foi preciso repor baterias a alguns grupos.

Sendo assim, autorizamos o acionamento da chave do circuito e alguns segundos depois solicitamos que desligassem a chave. Depois disso, pedimos que os alunos conversassem com o grupo para chegar à conformidade das observações.

Na sequência, perguntamos aos alunos o que observaram e os alunos responderam que inverteu a posição. Explicamos novamente que as linhas de campo magnético de um fio condutor retilíneo é uma circunferência concêntrica e com gestos mostramos o movimento da circunferência no sentido horário e no sentido anti-horário em relação ao fio.

Apresentamos abaixo as observações dos alunos selecionados.

Transcrição da resposta do **Aluno A7 da turma 3M01**

“Ela sofreu uma deflexão de aproximadamente, 180° Leste”.

O aluno registrou como observou o movimento da ponta vermelha da agulha que indica o polo norte e apresentou uma estimativa do deslocamento angular do ângulo raso para demonstrar que a ponta da agulha inverteu completamente.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02.**

“ao colocar a bússola alinhado perpendicularmente ao fio retilíneo, e ao ligar ela sofreu uma deflexão de  $180^\circ$  para o leste e parou no sul”.

O aluno demonstrou que a ponta vermelha da agulha inverteu sua posição no sentido horário.

A última pergunta do 1º momento foi se os alunos conseguiriam construir uma regra para direção e o sentido do campo magnético utilizando o polegar e os quatro dedos da mão direita, cujo polegar deveria apontar no sentido da corrente convencional.

Inicialmente, os alunos observaram a própria mão direita e perceberam a facilidade de indicar com o polegar o sentido da corrente, pois, fizeram os movimentos com o dedo indicador nas perguntas anteriores.

Orientamos os alunos que observassem o sentido convencional da corrente elétrica, ou seja, do sentido positivo para o sentido negativo da pilha e que o sentido real da corrente era o contrário. Além disso, dissemos que eles estudariam o tema eletricidade no segundo trimestre e que neste momento, essa informação era o suficiente para entenderem sobre a regra da mão direita com vistas a responder à questão.

Os alunos começaram a movimentar os quatro dedos da mão direita, mostrando que poderiam abrir e fechar a mão. Então, perguntamos se com o movimento de fechar e abrir das mãos eles não conseguiam lembrar de alguma figura geométrica. Com essa interação, eles puderam responder que se tratava do círculo.

Dessa forma, respondemos que as linhas de indução magnética em volta do fio condutor retilíneo era um círculo, e que são vários círculos, como observou na etapa de Demonstração Investigativa. Um ímã gera um campo magnético formado por inúmeras linhas de campo.

E movimentando a mão ao redor de um fio, exemplificamos como os alunos fizeram nas perguntas anteriores só que nesse momento utilizando o dedo indicador num movimento circular para o sentido horário e também para o sentido anti-horário, informando o sentido da corrente convencional. Orientamos os alunos a fazerem com suas mãos como a agulha da bússola se comportou ao acionar a chave do aparato experimental.

Pedimos para observarem os sinais na bateria do aparato experimental, lembrando que a corrente convencional iria do positivo para o negativo, colocando a face da bateria onde estavam os sinais na bateria, por exemplo: onde o fio preto saía do positivo e passava pelo fio de cobre se dirigindo para o fio vermelho entrando no negativo e encontrariam o sentido da corrente elétrica.

Com os polegares no sentido da corrente convencional e a palma da mão para cima, os alunos observariam para onde os quatro dedos apontariam e depois confirmariam com a resposta da primeira pergunta do roteiro. Assim, responderam se a deflexão foi, para o leste ou para o oeste, respectivamente, no sentido horário ou no sentido anti-horário de seu arranjo experimental. E, repetiu o processo com as outras perguntas do roteiro.

Na sequência, desenhamos o exemplo de uma corrente elétrica perpendicular a uma folha de papel explicando que considerassem que a corrente saía do papel em direção aos alunos, representado pelo símbolo do vetor saindo do papel, os vetores de indução magnética seriam tangenciais a linha de indução magnética em volta do fio, desenhando-os na folha de papel. Mostrando a regra da mão direita, explicamos com o dedo indicador da mão esquerda a posição dos vetores de indução magnética como o desenho da folha de papel.

Dessa forma, os alunos registraram a percepção sobre a regra da mão direita em fio condutor retilíneo. Abaixo, como os alunos selecionados registraram essa compreensão.

Transcrição da resposta do **Aluno A23 da turma 3M01**

“O polegar deve apontar seguindo a corrente elétrica no fio condutor retilíneo do positivo para o negativo (sentido da corrente convencional), a posição dos quatro dedos seguirá o do campo magnético, o mesmo seguirá seu movimento contornando o fio saberá o movimento do campo magnético”.

O aluno A23 sintetizou sua resposta para apresentar a regra da mão direita como foi construído durante a discussão em sala, e mostrou a relevância em entender o sentido da corrente elétrica. Na discussão, referiu-se à posição dos vetores de indução magnética explanando para a sala que a posição da bússola embaixo do fio seria a posição da palma da mão para cima se soubesse o sentido da corrente elétrica. Por isso, entendemos que para o aluno foi relevante entender o sentido da corrente elétrica convencional.

Transcrição da resposta do **Aluno A39 da turma 3M02**

“Na mão direita, o polegar e a linha de indução é dedos, são sentidos da corrente elétrica convencional, os quatro dedos seguem em torno do fio formando o campo magnético”.

O aluno A39 se referiu aos dedos como a linha de indução magnética do fio condutor de corrente elétrica como demonstrado durante a discussão. Na sequência, ele apresenta a regra da mão direita de forma simples.

Finalizamos o primeiro momento da etapa Problemas Abertos sobre o conteúdo de campo magnético gerado por corrente elétrica. Na sequência, organizamos com os alunos as mesas do refeitório para o segundo momento sobre a construção de um eletroímã que é o segundo momento do Laboratório Aberto.

### **5.6.2 Segundo momento – Construção do eletroímã**

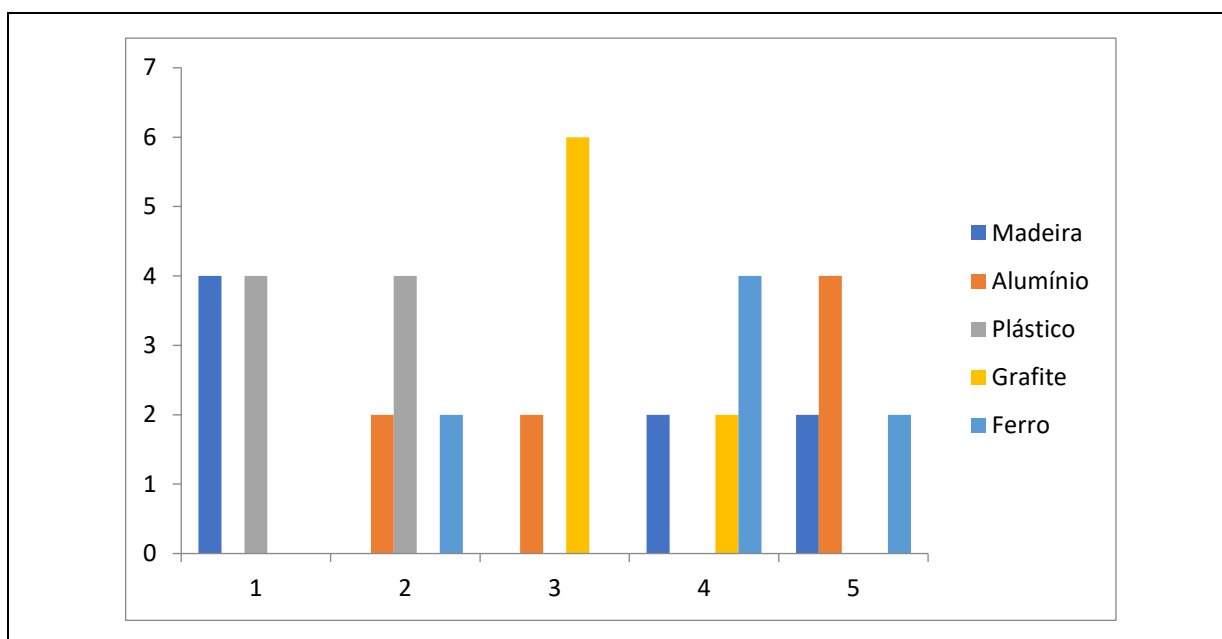
Começamos a atividade distribuindo os kits que continham pedaços de fios de cobre esmaltados 200 26 AWG e 200 18 AWG, pilhas, baterias, canudo de plástico, canudos de alumínio, palito de churrasco, grafites e pregos. Entregamos um roteiro com orientação como construir um eletroímã e verificar qual material distribuído aumentaria a intensidade do campo magnético do eletroímã.

Os alunos começaram construindo o enrolamento para desenvolver a atividade. Após a construção do enrolamento, percorremos as mesas para tirar o esmalte das pontas dos fios e os alunos conectaram a pilha ao enrolamento e observaram que não atraiu o clipe e a pilha esquentou.

Orientamos os alunos a colocarem no interior do enrolamento que construíram os materiais recebidos e começaram pela madeira e seguido pelo alumínio, plástico, grafite e, por último, o ferro. Assim, aproximando o eletroímã dos cliques eles puderam verificar qual material aumentava a intensidade do campo magnético.

Construímos um gráfico para apresentar qual material preenchendo o espaço vazio diminuía, permanecia na mesma ou aumentava a força magnética para atrair o clipe.

Gráfico 20 – Organização em ordem crescente de intensidade do campo magnético produzido pelos diferentes materiais para a turma 3M01.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

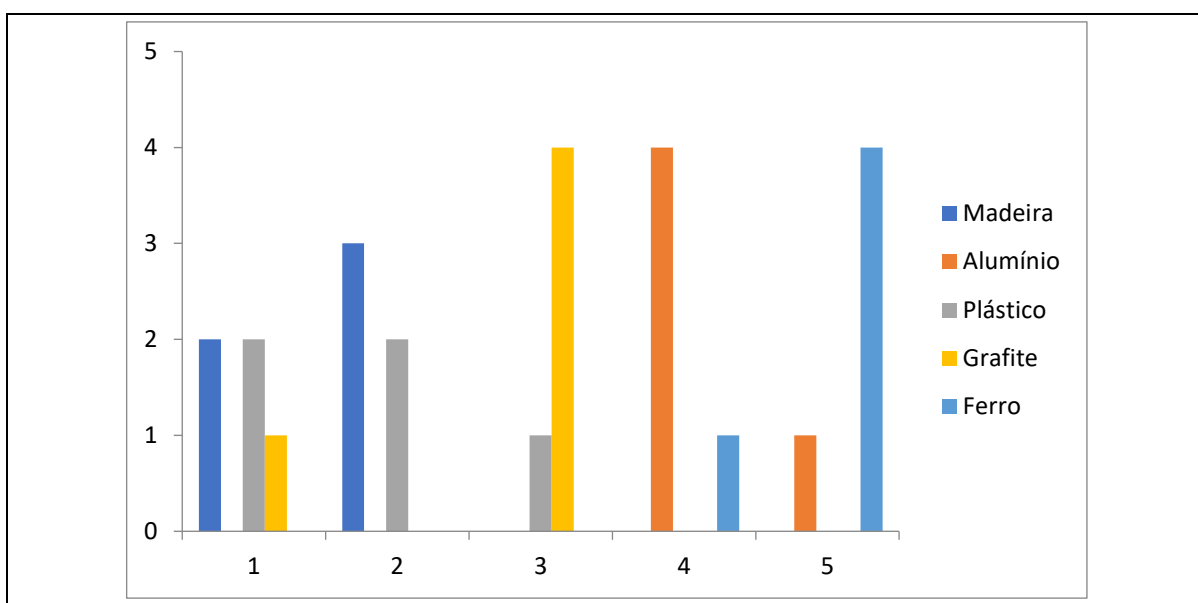
No Gráfico 20 da turma 3M01, podemos deduzir que os materiais madeira e plástico foram considerados pelos alunos os que provocaram pouca intensidade no enrolamento, pois, se encontraram entre os mais fracos se considerarmos na ordem crescente do mais fraco para o mais forte, o terceiro mais citado como mediana. A mediana, de 8 alunos que participaram da atividade 6 citaram o grafite como o



material com intensidade mediana e 2 alunos consideraram a madeira entre os materiais mais fortes para atrair um clipe de papel.

Observamos na turma 3M01 que 4 alunos citaram o ferro como o material com mais força magnética para atrair o clipe de papel.

Gráfico 21 - Organização em ordem crescente de intensidade do campo magnético produzido pelos diferentes materiais para a turma 3M02.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

No Gráfico 21 da turma 3M02 os alunos citaram o ferro como o material com maior força magnética para atrair o clipe de papel, resultado esperado.

## 5.7 LABORATÓRIO ABERTO

A etapa denominada Laboratório Aberto (APÊNDICE J) tinha como objetivo construir uma pequena bobina que causasse na agulha de uma bússola a mesma deflexão causada por um pequeno ímã de neodímio.

Aplicamos essa atividade na primeira semana do mês de junho de 2021 com um quantitativo de 20 alunos, 11 alunos da turma 3M01 e 9 alunos da turma 3M02.

Desenvolvemos a atividade no refeitório da escola com as duas turmas para que os alunos pudessem manusear os arranjos experimentais com distanciamento social, pois, a escola não possui laboratório de Física.

Distribuímos, para cada grupo, um kit contendo fio de cobre esmaltado, pilha de 2V, bússola e uma folha de papel A4.

Com a bússola na direção norte-sul da Terra o aluno fez uma marcação no papel A4 indicando os pontos cardiais. Na sequência o aluno aproximou um ímã pequeno arrastando-o sobre a linha perpendicular à agulha da bússola de modo que ela se inclinou fazendo um ângulo com a direção leste-oeste. Quando o ângulo de inclinação da agulha chegava em 45 graus, o aluno anotava a distância que o ímã estava da bússola. Na sequência, utilizando o fio esmaltado e a pilha, o aluno construía um eletroímã com um campo magnético forte o suficiente para que quando colocado na posição onde estava o ímã produzisse na agulha da bússola o mesmo deslocamento angular.

Relatamos nessa subseção os episódios transcritos exatamente na ordem em que aconteceram e como desenvolveram a atividade de laboratório aberto, analisamos o processo de construção de um pequeno eletroímã que causasse na agulha de uma bússola a mesma deflexão causada por um pequeno ímã de neodímio com os estudantes. Analisamos também quais procedimentos e atitudes foram potencializadas durante a realização da atividade.

### **5.7.1 Montagem do arranjo experimental**

Entregamos os kits que continham bússola, transferidor, ímãs de formas diferentes, pilhas, e fios esmaltados. Junto com o kit, entregamos o roteiro para registrarem suas observações. Iniciamos a atividade apresentando o problema e em seguida relatamos os episódios e suas análises.

Começamos a atividade orientando que desenhassem no papel A4 duas retas perpendiculares para representarem os pontos cardeais como no exemplo do roteiro.

Na sequência, os alunos colocaram o transferidor no encontro das retas alinhando o ponto cardeal norte no eixo vertical com o ângulo de  $90^\circ$  do transferidor e o ponto cardeal sul com o ângulo de  $270^\circ$  do transferidor. Em seguida, a bússola em cima do transferidor com orientação norte-sul da Terra dos pontos cardiais que desenharam.

Orientamos que montado o aparato experimental, os alunos movimentariam o ímã sobre a linha leste-oeste e observariam o que aconteceria. Os alunos que estavam sentados na mesma mesa receberam o ímã com a mesma forma, para encontrarem a mesma distância no arranjo experimental. Oportunizamos aos alunos um momento para manusearem o ímã, contornando a rosa dos ventos para verificar como se comportaria o polo norte da bússola e os orientamos a arrastar sobre a linha leste-oeste do arranjo experimental, ou seja, arrastariam o ímã sobre semirreta de oeste diminuindo a distância entre o ímã e a bússola.

Percorrendo pelas mesas dos alunos, observamos que alguns movimentavam o polo sul da bússola e explicamos aos alunos da turma que o objetivo inicial era mover o polo norte da bússola na direção do ímã.

Episódio 1: Montagem do arranjo experimental.

Professora: Então, vocês conseguiram entender? Polo norte com polo norte se repelem e, se eu colocar o polo norte na linha o que o ímã vai fazer? Vai atrair o polo sul da agulha? Por isso a gente vai colocar o polo sul do ímã na linha leste-oeste para ver a agulha da bússola se mover  $45^\circ$ . Atingiu os  $45^\circ$  vocês anotem a distância do ímã à origem das retas.

Após a apresentação do problema inicial, os alunos foram capazes de **estruturar ideias por meio de desenho, linguagem escrita ou linguagem oral (P1)** para registrarem a primeira observação que sondava a distância do campo magnético ao polo norte da bússola.

Os alunos registraram a observação sobre o deslocamento angular de  $45^\circ$  que o ímã provocou no polo norte da agulha da bússola. Abaixo, como os alunos selecionados registraram essa compreensão.

Transcrição da resposta do **Aluno A14 da turma 3M01**.

“A distância é de 9,5 cm com ângulo de  $45^\circ$ . A agulha se movimenta, mudando de posição, seguindo o polo contrário pois os polos opostos se atraem e os iguais se repelem”

O aluno apresentou a distância alcançada para o desafio de um deslocamento angular de  $45^\circ$  mostrando ao **interpretar ideias estruturadas e executar procedimentos (P2)**. Em seguida, relatou o movimento da agulha para o sentido leste-oeste que justificou pelo fato dos polos opostos se atraem e polos iguais se repelem.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02**.

“Os polos da agulha acompanham os polos do ímã numa distância de 6 cm num ângulo de  $45^\circ$ ”.

O aluno A9 da turma 3M02 registrou sua observação ao **construir sínteses (P7)** para relatar que o polo norte da bússola foi atraído pelo ímã a certa distância para o deslocamento angular de  $45^\circ$ .

Os alunos registraram como montaram o arranjo experimental identificando a distância que o ímã precisava para promover um deslocamento angular de  $45^\circ$  no sentido Leste-Oeste na rosa dos ventos que os alunos construíram.

A partir da montagem do arranjo experimental pelos alunos apresentamos o problema que eles desenvolveriam.

### 5.7.2 Problema

Abaixo segue a transcrição do momento em que a professora apresentou o problema para os alunos da turma, que registravam no roteiro os procedimentos do trabalho como desafio.

Episódio 2: sobre a apresentação do problema inicial.

Professora: Agora vocês têm um desafio! Vocês receberam fio de cobre e pilhas. Depois que vocês anotaram a distância entre o ímã e a bússola. Afastem o ímã, pode colocar até em outra mesa para não interferir. O desafio é: vocês vão provocar um deslocamento angular de  $45^\circ$  na agulha da bússola, só que agora com uma bobina.

O aluno A17 da turma 3M02: Como é que é?

Professora: Bobina? Lembra do enrolamento que fizeram para o eletroímã? Agora farão só o enrolamento, para isso, vocês podem aumentar o diâmetro interno do enrolamento um pouco mais, por exemplo, dobrar o tamanho. Também podem juntá-las.

Supervisionamos os grupos para ajudar na construção da bobina, alguns alunos utilizaram o dedo indicador para construir o enrolamento e outros pediram o prego da etapa anterior que estava disponível na caixa de experimentos. Um grupo pediu um pedaço de fio de cobre esmaltado 200 18 AG que estava disponível na mesa.

Ao ajudar na construção da bobina num grupo, a aluna A14 da turma 3M01, enquanto construía a bobina, perguntou se havíamos tentado também, apresentado no episódio abaixo.

Episódio 3: montagem do arranjo experimental com a bobina

Aluno A14 da turma 3M01: Professora você tentou fazer? Deu certo?

Professora: E vocês? Não estão tentando? Conseguiram meninos fazer a bobina?

Aluno A2 da turma 3M02: Agora colocar a pilha?

Aluno A14 da turma 3M01: Precisa raspar a pontinha do fio para colocar a pilha.

Na sequência, o aluno A2 da turma 3M02 apresentou o próximo passo e o aluno A14 da turma 3M01 **teve um posicionamento investigativo (A1)** e foi **buscar o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças (A3)** para informar que para ocorrer a passagem de corrente na bobina precisaria retirar o esmalte nas extremidades do fio de cobre.

### 5.7.3 Hipótese

Pedimos aos alunos que esperassem para conectarem os fios na pilha, pois se lembrassem que ao conectar as pilhas como fontes de energia se esgotariam rápido.

Lembramos aos alunos que ao conectarmos as duas extremidades do fio de cobre à pilha teríamos um circuito fechado que geraria um campo magnético que observaríamos pela regra da mão direita o sentido do campo magnético. Então, pedimos que os alunos conversassem com seus pares para elaborar uma hipótese de que a bobina apresentaria o mesmo campo magnético do ímã permanente na distância encontrada.

Orientamos aos alunos, antes de fechar o circuito, a registrarem suas hipóteses. Abaixo, como os alunos selecionados registraram suas hipóteses.

Transcrição da resposta do **Aluno A19 da turma 3M01**.

“Achamos que a intensidade do ímã permanente será mais forte do que o ímã improvisado”.

O aluno A19 da turma 3M01 demonstrou que não acreditava que a bobina que construiu deslocaria a ponta vermelha da agulha da bússola.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02**.

“Que a interferência será maior força se mais perto, principalmente com o cobre fino ou com um cobre mais grosso será maior a interferência”.

O aluno A9 da turma 3M02 ao **elaborar sua hipótese (P3)** relacionou a intensidade do campo magnético da bobina à espessura do fio de cobre, por isso foi um dos alunos que pediu o fio de espessura diferente da que recebeu no kit.

Figura 24 - Arranjo experimental para registrarem a hipótese se o campo magnético apresentaria a mesma força magnética para deslocar a ponta vermelha da agulha da bússola um ângulo de  $45^\circ$ .



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Orientamos os alunos a anotarem os procedimentos executados durante atividade.

#### 5.7.4 Testar Hipótese

Os alunos conectaram o fio de cobre na pilha para observarem a confirmação ou não das hipóteses que apresentaram. Orientamos que fizessem apenas uma tentativa.

Episódio 4: Primeira tentativa de confirmar a hipótese elaborada.

Aluno A20 da turma 3M01: Professora? Tem algo errado.

Professora: Como assim?

Aluno A19 da turma 3M01: O polo Norte está no sentido contrário.

Professora: Lembra que a bobina gera campo magnético. Então usa a regra da mão direita. Lembra?

O aluno A20 da turma 3M01 e o Aluno A19 ao **realizarem a exposição oral (P9)** sobre a orientação do campo magnético no arranjo experimental para **testar sua hipótese (P5)**. O aluno A19 também, ao **realizar inferência (P6)** apresenta a confirmação que a bobina estava repelindo a agulha da bússola. Continuamos observando como se organizaram para a nova tentativa e orientamos que antes de repetirem o procedimento, discutissem outras formas de realizar o procedimento para testar novamente. Assim, concluíram que precisavam inverter a posição da pilha.

Voltamos para os alunos da turma e perguntamos se a primeira tentativa se confirmou e se anotaram como procederam. A partir desse momento, os alunos começaram a **realizar a exposição oral (P9)**. O aluno A8 da turma 3M01 expôs que ele observou que a pilha esquentava e perguntamos se o arranjo experimental se confirmou direcionando a resposta, se o deslocamento foi na mesma distância marcada, se precisou afastar ou aproximar da bússola.

O aluno A9 da turma 3M02 disse que testou no arranjo experimental com o fio de cobre nas duas espessuras e concluiu que o fio de cobre mais grosso, de cobre esmaltado 200 18 AWG, era preciso afastar a bobina da bússola, enquanto o fio de cobre mais fino, de cobre esmaltado 200 26 AWG, aproximou da bússola.

Orientamos que utilizassem em todos os arranjos experimentais o fio de cobre esmaltado 200 26 AWG e perguntamos quais procedimentos poderiam influenciar numa aproximação da distância desejada para a ponta vermelha da agulha da bússola atingir um ângulo de 45°.

Orientamos que conversassem por 5 minutos e em seguida apresentassem um ou mais novos procedimentos. Novamente, visitamos as mesas para mediar as conversas se necessário. Na primeira dupla com que a professora interagiu o aluno A13 da turma 3M02 ao **elaborar hipótese (P3)** propôs se poderiam colocar a bobina numa posição diferente da linha leste-oeste e a professora imediatamente orientamos que precisariam discutir outros possíveis procedimentos.



Nesse momento, o aluno A17 da turma 3M02 teve a expectativa de obter a resposta, mesmo que tenhamos preparado os alunos em etapas anteriores para trabalharem em grupo nos experimentos. Carvalho (2014) fala que um laboratório didático tradicional os alunos seguem um roteiro com procedimentos propostos e um objetivo pré-determinado bem diferente do laboratório aberto. O aluno tentou uma abordagem para manipular a professora.

Episódio 5: Elaborar novo plano de trabalho

**Aluno A17 da turma 3M01:** Mas vem cá! Grudamos o cobre na pilha com durex e chegamos no resultado errado. Tivemos que aproximar mais o enrolamento da bússola, a distância de 1 cm. E vemos que não tem mais o que fazer. Se fizer de novo vai acontecer a mesma coisa.

**Professora:** Então, pra vocês não tem mais o que fazer?

**Aluno A9 da turma 3M02:** Professora, a gente viu que como você falou em juntar os fios a interferência foi um pouco maior no ângulo, mas não chegamos a 45°.

**Aluno A8 da turma 3M01:** E se colocar só a pilha pode?

**Professora:** Vamos lá! A8 da turma 3M01, o objetivo da nossa atividade é deslocar a agulha da bússola com a bobina. Agora, A9 da turma 3M02 é por aí! Quando vocês juntaram os fios, vocês aumentaram a intensidade do campo no fio. E agora A17 da turma 3M01 válida a sugestão de A9 da turma 3M02?

Nesse momento, o aluno A17 da turma 3M01 **teve um posicionamento crítico (A1)** ao alegar que novo procedimento repetiria a primeira tentativa, manifestou desinteresse inicial ao elaborar nova hipótese. Em seguida, começamos a provocar o aluno A17 da turma 3M01, quando o aluno A9 da turma 3M02 ao **realizar exposição oral (P9)** apresentou aos outros alunos o que observou ao explorar a orientação da professora quanto ao espaço menor entre as espiras, maior a intensidade do campo magnético e com isso o aluno **buscou o diálogo entre os estudantes respeitando as diferenças (A3)**.

Entre a observação dos alunos A17 da turma 3M01 e A9 da turma 3M02, a precisamos fazer a intervenção sobre a proposta do desafio aos alunos. Os alunos ao interagirem com o aluno A9 da turma 3M02 o perguntaram-no se não haveria

risco de tomarem choque no procedimento, que fez e o aluno respondeu que não. Pois, para realizar o procedimento **trabalharam em grupo de forma colaborativa (A2)**, onde o aluno A7 da turma 3M02 conectou o fio de cobre mais fino, no caso 200 26 AWG, e ele, o aluno A9 da turma 3M02, juntou-os com os dedos.

Orientamos os alunos a explorar a sugestão do aluno A9 da turma 3M02 com a pilha que já haviam utilizado na primeira tentativa, pois separassem outra pilha para uma segunda tentativa.

Em um trabalho colaborativo, alguns arranjos experimentais tiveram sucesso como expôs uma aluna. No episódio abaixo os alunos apresentam alternativas de como não precisar segurar as espiras com os dedos.

Episódio 6: Alinhamento do arranjo experimental para melhorar a realização de uma segunda tentativa.

**Aluno A14 da turma 3M01:** Sucesso. Deu certo, eu e A43 da turma 3M01. Valeu A9 da turma 3M02.

**Aluno A9 da turma 3M02:** Mas professora, não tem um jeito de não precisar segurar. Como fazemos para guardar fio de extensão?

**Professora:** Como faz para guardar o fio da extensão?

**Aluno A16 da turma 3M01:** Uma enroladinha no final pra dar aquela segurada.

**Professora:** Explica a enroladinha no final.

**Aluno A9 da turma 3M02:** É que no final, deixamos sobrar uma ponta e passamos envolta dos fios. (Faz o movimento com as mãos)

**Professora:** Alguma vez tentaram usar ela (a extensão) desse jeito? E funciona?

**Aluno A19 da turma 3M01:** Sim, funciona.

Nesse momento, alguns alunos apoiam a resposta do aluno A19 da turma 3M01.

**Professora:** Isso aí! Já tem uma nova sugestão. Ah, não falei antes, mas anotem quantas voltas deram no fio de cobre, ok?

Nesse episódio o aluno A9 da turma 3M02 contribuiu novamente ao **fazer generalizações para outros contextos (P8)**, ao propor uma sugestão para juntar os fios da bobina sem precisar segurar com os dedos o enrolamento da bobina. Os

alunos desenvolveram a discussão numa forma de **buscar o diálogo entre os estudantes (A3)**. Assim, os alunos encontraram uma maneira própria de manipular o aparato experimental.

Perguntamos se estavam prontos para a próxima tentativa. Na sequência, os alunos realizaram a segunda tentativa e as interações dialógicas se limitaram às mesas em que se localizavam os alunos. Orientamos, ao caminhar entre as mesas, para anotarem o desenvolvimento da atividade, ou seja, os procedimentos que executaram para alcançar o objetivo.

Perguntamos o que tinham a falar sobre a segunda tentativa e alguns dos alunos disseram que ainda precisavam de mais tentativas para **testar hipóteses (P5)**, pois a pilha AA tem um gasto muito rápido, quando o circuito fica fechado. Então, pediram mais pilhas. Explicamos que por isso os alunos precisavam **elaborar hipóteses (P3)** para realizar o arranjo experimental.

Os alunos relataram que alguns arranjos experimentais não alcançaram o ângulo de  $45^\circ$ , alguns ultrapassaram esse valor chegando a  $90^\circ$  e outros disseram que a ponta vermelha da agulha da bússola se movimentava até esse valor e depois voltavam, ou estabilizavam, em ângulo menor.

Provocamos os alunos para uma última tentativa, provocamos mais sugestões de procedimentos dos alunos. Nesse momento, distribuimos uma nova pilha que utilizariam na terceira e última tentativa.

Episódio 6: Alinhamento do arranjo experimental para melhorar a realização de uma segunda tentativa.

**Professora:** Agora que receberam uma pilha nova podemos proceder para a terceira e última tentativa. Cuidado para não confundirem com as gastas, ok? E quais sugestões de procedimentos podemos pensar?

**Aluno A7 da turma 3M02:** Professora, você falou pra gente anotar a quantidade de voltas. Tem alguma coisa a ver? Aumentar ou diminuir?

**Aluno A8 da turma 3M01:** É verdade? Acho que entendi!

**Professora:** Pois é! Assim, como lá no início da atividade, onde eu disse que poderiam também aumentar o diâmetro interno da bobina. Lembram?

**Aluno A9 da turma 3M02:** Sim, sim.

**Professora:** Bora! Que tal tentarem?

**Aluno A14 da turma 3M01:** Aumentar como assim? Não estou entendendo.

**Professora:** Você pode desenrolar o fio e enrolar de novo, aumentando o diâmetro. Ah, se possível anota o tamanho que está agora e a nova medida que colocar.

Nesse momento, a aluna A14 da turma 3M01 ainda não entendia como fazer o aumento do diâmetro. Então, aproximamos de sua mesa para explicá-la. Para isso, mostramos a bobina, da aluna A14 da turma 3M01, para os alunos da turma como exemplo e circundando o interior da bobina mostrando o diâmetro que era de um ponto a outro ponto da circunferência, e que poderiam construir novas espiras com um novo diâmetro.

No episódio acima, o aluno A7 da turma 3M02 foi analisado em **ter um posicionamento crítico e investigativo perante a situação-problema (A1)** quando avaliou a necessidade de observar se a quantidade de espiras poderia influenciar na intensidade da força magnética para atrair a ponta vermelha da agulha da bússola.

Cronometramos mais 5 minutos para os alunos manipularem um novo procedimento para a terceira tentativa. Novamente caminhamos entre as mesas para observar os planos de trabalho dos alunos e os orientar, caso necessário. Mediamos nas mesas que fizessem procedimentos diferentes discutidos pelos alunos, ou seja, se estão em dupla seriam dois procedimentos que proporcionariam resultados diferentes e qual se aproximaria do objetivo.

Após terminar o tempo, perguntamos aos alunos se poderia desenvolver a terceira tentativa e alguns alunos solicitaram mais alguns minutos para terminarem pequenos detalhes. Assim, passados os 2 minutos solicitados, pedimos que os alunos se aprontassem para a nova tentativa.

Os alunos realizaram a última tentativa e como a pilha gastou muito rápido, perguntamos como foram os resultados.

### 5.7.5 Coleta e registro de dados

Concluída a montagem do arranjo experimental e as três tentativas organizamos os registros de dados. Como caminhávamos para a metade da segunda aula mediamos um relato oral do teste de hipóteses que desenvolveram e para isso selecionamos alguns alunos para relatarem suas hipóteses e análises do que foi feito.

Sistematização dos procedimentos para coleta e registro de dados

**Professora:** Pessoal, agora vamos antes de anotar a conclusão ver o que alguns de vocês observaram ao testar suas hipóteses? Vamos lá! A9 da turma 3M01 pode nos falar como você e o A1 da turma 3M01 nos falam sobre o que observaram.

**Aluno A9 da Turma 3M01:** Muito bem! Nossa primeira hipótese o enrolamento (bobina) teria que ser afastado e no fio fino (200 26 AWG), e nesse caso quando testamos a bússola se movimentou bem menos de 45°. Então, eu e meu amigo na segunda tentativa com a sugestão do colega aqui (Aluno A9 da turma 3M02), chegamos a 16°, ou seja, não chegou aos 45° indicados. Porém, quando desenrolamos o fio e fizemos um novo enrolamento percebi que chegamos aos 35°. Então, o ângulo não deu o valor exato, mas entregou um valor aproximado.

**Professora:** Pode nos dizer qual a distância? Quantas voltas tinha na 2ª tentativa e quantas na 3ª já que fizeram um novo procedimento?

**Aluno A9 da Turma 3M01:** Professora, a distância era de 11 cm e na 2ª tentativa tinha 31 voltas e na 3ª tentativa ficou maior o diâmetro e com 20 voltas que deu para fazer com o fio.

Nesse episódio, o aluno A9 da turma 3M01 ao **realizar exposição oral (P9)** dos procedimentos apresentou capacidade de **elaborar relatório (P10)**. Durante as visitas a sua mesa, observamos que o aluno é de fala tranquila e metódica. O aluno descreveu como procedeu nas tentativas indicando os ângulos alcançados **testando as hipóteses (P5)**, aproximando-se do resultado esperado.

A partir desse momento procedemos com a explicação de que o solenoide é a construção de várias espiras e um aluno relacionou à espiral de um caderno. Quanto ao comportamento das linhas de indução magnética de um solenoide, são paralelas e equidistantes, como viram na primeira tentativa. Quando juntaram as espiras, transformaram em uma espira única e sua linha de indução magnética precisaria contornar a circunferência para saber qual sentido da corrente elétrica a fim identificar o polo norte e o polo sul da espira. Para isso, o recurso improvisado de enrolar a ponta para juntar o solenoide precisaria ser substituído por outro recurso. No caso, quando o solenoide se transforma em uma única espira o nome que se dá é bobina chata.

Nesse momento, observamos que faltavam dez minutos para terminar a aula e pediu que aos alunos registrassem o que observaram.

Os alunos registraram a observação das três tentativas. Abaixo, como os alunos selecionados registraram essa compreensão.

Transcrição da resposta do **Aluno A26 da turma 3M01**.

“1ª Não deu certo, acho que demos muitas voltas. A carga é pequena, para o tamanho grande do fio. 2ª Nós cortamos o fio para vê se dá certo. 3ª Nós juntamos o fio, o Norte se moveu 30° do norte para o oeste”.

Nesse caso, o aluno relatou os procedimentos desenvolvidos ao **testar hipóteses (P5)** para alcançar o objetivo que era construir uma bobina com intensidade do campo magnético para atingir, na distância encontrada pelo ímã que utilizaram no problema inicial com um ângulo de 45°, a mesma deflexão na agulha da bússola. Observamos ao caminhar durante o desenvolvimento da atividade que o aluno ao **trabalhar em grupo de forma colaborativa (A2)** resumiu ao **elaborar relatório (P10)** sobre os procedimentos executados.

Transcrição da resposta do **Aluno A20 da turma 3M02**.

“Na 1ª tentativa aproximamos a bobina da bússola e a ponta vermelha da agulha

não sofreu deslocamento. Na 2ª tentativa juntamos a espiras do solenoide, fazendo uma bobina chata, ela teve um leve deslocamento da ponta vermelha da agulha. Na 3ª tentativa aumentamos o diâmetro das espiras do solenoide, e fazendo uma bobina chata, e ao aproximar da bússola a ponta vermelha da agulha sofreu uma deflexão de 35° do norte ao oeste”.

O aluno A20 da turma 3M02 **estruturou ideias por meio de linguagem escrita (P1)** ao **elaborar relatório (P10)** sobre os procedimentos desenvolvidos para promover o deslocamento angular, deflexão, da ponta vermelha da agulha da bússola. Percebemos que o aluno não se referiu à distância indicada no problema inicial que era de 6 cm. Porém, durante as discussões orais e quando solicitava a nossa presença na mesa, o aluno seguiu o que pedia o desafio.

Os alunos responderam aos espaços reservados para relatar os procedimentos adotados na montagem do arranjo experimental e a conclusão em sequência, pois o tempo planejado para o desenvolvimento da etapa Laboratório Aberto estava finalizando.

### 5.7.6 Conclusão

Requisitamos que os alunos registrassem a validade ou não das hipóteses levantadas sobre na etapa Laboratório Aberto. Assim, como a orientação durante a elaboração de hipóteses, solicitamos aos alunos que anotassem todos os dados para entenderem melhor como desenvolveram procedimentos que previam usar, como por exemplo, na primeira tentativa construíram um solenoide e orientamos quantas voltas (espiras) utilizaram e o diâmetro interno. Na segunda tentativa, o achatamento do solenoide virando uma bobina. Na terceira tentativa, refizeram a bobina com um número reduzido de voltas (espiras) e o diâmetro interno da bobina aumentado, para cumprir o objetivo da atividade que era o de causar o deslocamento angular (deflexão) da ponta vermelha da agulha da bússola.

A atividade culminaria numa tabela com esses dados e os alunos não apresentaram habilidade para transcrever para a tabela sem uma possível intervenção da professora. Assim, selecionamos dois relatórios de alunos que participaram em todas as etapas da SEI.

Transcrição da resposta do **Aluno A14 da turma 3M01**.

“Conseguimos, no final, fazer a bússola mexer, enrolamos fio, soltamos o fio, prendemos mais, deixamos maior, fizemos uma bobina chata e só aí que funcionou, mas, gostei muito do experimento, das tentativas, não é tão simples uma experiência. Aprendemos muito, e nunca vamos esquecer “os opostos se atraem”, o porquê e o significado dessa frase. De começo fizemos uma solenoide de 130 voltas. Logo depois cortamos, fizemos também um maior com 26 voltas, e depois a bobina. Pensamos várias coisas, várias ideias e possibilidades a maioria deu errado, mas faz parte, os polos, magnetismo, campos magnéticos são matérias superinteressantes, não é fácil nem difícil mas é legal. As expectativas e vontade de dá certo eram muito grandes”.

Observamos que o aluno A14 da turma 3M01 registrou sobre as hipóteses e procedimentos para o desenvolvimento da atividade, de forma livre e coloquial. Porém, Carvalho assevera que “ouvir o aluno não se encerra na reprodução das respostas que o professor quer ouvir, mas na possibilidade de o aluno expressar sua própria voz e, por consequência, sua visão de mundo” (CARVALHO, 2019, p. 63). Nesse sentido, percebemos que o aluno selecionado narra toda sua experiência durante a vivência das etapas da SEI e conclui seu trabalho discutindo sua validade.

Transcrição da resposta do **Aluno A9 da turma 3M02**.

“Como o esperado do experimento do ímã teve bastante interação com a ponta vermelha da agulha, diferente da bobina que como esperado só na 3ª tentativa onde juntamos as espiras do solenoide e formando uma bobina chata, onde o campo magnético era maior e a corrente mais forte”.

Nesse caso, o aluno sintetizou sua conclusão de trabalho comparando a intensidade do campo magnético entre o ímã e a bobina construída durante a atividade. Os relatórios dos alunos nos mostram pouco domínio sobre a linguagem e os procedimentos científicos. Quanto a isso, Carvalho (2019) considera:

[...] Ensinar a escrever ciência é papel da escola. O relatório não pode ser só descritivo, mas o aluno precisa mostrar que entendeu o porquê de cada manipulação e mostrar também na linguagem escrita as argumentações que o levaram à construção do conceito e/ou lei pesquisada [...] (CARVALHO, 2019, p. 10).



As transcrições trazem, principalmente, relatos descritivos sobre o experimento e expressam sua visão sobre a sequência como um todo. No entanto, nas transcrições apresentadas e demais relatórios, podemos ver o uso de conceitos estudados como campo magnético no centro de uma espira e um solenoide.

Paralelamente, Clement e Terrazzan também apontam a adequação das atividades de Resolução de Problemas para o tratamento de conteúdos procedimentais e atitudinais (2011, p. 87), que podem ser observados nos episódios acima na interação entre os alunos, no trabalho em grupo, na elaboração de hipóteses e na exposição de suas hipóteses e tentativas.

Concluimos com essa citação de Borges (2002, p. 16), que aponta a necessidade de acreditar no progresso:

[...] Ao investigar como os alunos resolvem problemas e desafios, não devemos esperar reconhecer estas etapas nitidamente, nem observar progressos rápidos e espetaculares em seu desempenho e em sua autonomia. Podemos nos perguntar se vale o esforço; continuamos acreditando que sim, mas não nos iludamos, pois ensinar e aprender a pensar criticamente é difícil e requer tempo (BORGES, 2002, p. 16).

No laboratório aberto, os alunos foram apresentados a problemas inéditos e começaram a desenvolver competências nunca antes exploradas, como a coleta e organização de dados. Assim, salientamos que a etapa Laboratório Aberto poderia ter sido acompanhada de outras atividades, com o objetivo de formalizar os procedimentos científicos esperados entre os alunos.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização da Sequência de Ensino Investigativa nos mostrou que em alguns momentos a aplicação não ocorreu como planejamos e que não podemos considerar isso como um insucesso. Neste caminho, observamos que a aplicação de uma proposta didática necessita de mudança de postura do professor. Essa mudança foi proporcionada pela participação em um curso de mestrado profissional onde a professora pôde aliar os conhecimentos práticos aprendidos no decorrer de sua carreira docente com os conhecimentos teóricos adquiridos nas aulas do mestrado.

Por mais que o professor respeite o tempo do aluno e procure formas de conduzi-lo ao entendimento do conteúdo, precisa compreender que o conhecimento é um processo e não a linha de chegada. Na visão sociointeracionista (CARVALHO, 2017), todos somos atores nesse cenário chamado sala de aula. É com a interação social entre professor-aluno e aluno-aluno que o processo de construção do conhecimento se constituirá.

Como a professora já tinha experiência com atividades interacionistas, optamos pelo ensino por investigação que nos pareceu uma proposta desafiadora, onde as atividades investigativas promoveriam o debate, a comunicação e a exposição de hipóteses pelos alunos, entre seus pares ou com toda a turma. Assim, as atividades investigativas foram construídas considerando o processo de ensino e aprendizagem ponderada nessas interações. Trabalhar numa perspectiva investigativa não é uma tarefa fácil, nem para os alunos e muito menos para o professor. Nas primeiras atividades, os alunos esperavam da professora uma postura tradicional que explicasse cada questão direcionando as respostas. Por isso, durante as atividades investigativas a professora trabalhava como orientadora, ou seja, em todas as etapas acompanhava os alunos na leitura das questões e os indagava sobre as hipóteses para as soluções dos problemas (CARVALHO, 2019).

Como ponto importante da proposta didática pudemos ver que a partir da etapa de Demonstração Investigativa os alunos demonstraram interesse pelos arranjos experimentais os quais tiveram a oportunidade de observar o fenômeno na prática,

segundo suas próprias palavras. Alguns alunos preferiram não expor oralmente suas hipóteses e conclusões, por causa da sua timidez na presença da câmera e do gravador de áudio.

Durante a realização da atividade Laboratório Aberto percebemos que os alunos apresentaram muita dificuldade ao elaborar um plano de trabalho. Por mais que a professora mediasse as atividades com questionamentos, os alunos apresentaram dificuldade em organizar as variáveis encontradas, pois, o que eles consideravam mais importante era observar o fenômeno e não relacioná-lo com a linguagem matemática, que era a proposta da atividade. Mesmo assim, notamos que houve uma aprendizagem procedimental na elaboração do plano de trabalho pois a partir das gravações e das interações com a professora e com os colegas detectamos exposições orais e testes de hipóteses. Além disso, verificamos que ao longo da atividade os alunos demonstraram interesse e comprometimento com o experimento, confiantes nas suas hipóteses

Na análise da aprendizagem atitudinal dos alunos, pudemos ver que as interações professor-aluno e aluno-aluno foram constantes ao longo do desenvolvimento do Laboratório Aberto. Observamos, por exemplo, atitudes colaborativas ao realizarem o procedimento para conectar o fio de cobre à pilha e ao juntar as espiras para formar uma bobina com a cooperação dos alunos envolvidos e, também, nas perguntas proporcionadas e direcionadas pela professora buscando o diálogo entre os alunos. Uma mudança atitudinal também foi percebida quando, ao fim destas etapas, alguns alunos manifestaram o desejo de ter mais atividades como essas aplicadas a outros conteúdos da disciplina.

Assim, entendemos a importância do aprofundamento dos conteúdos procedimentais e atitudinais nas atividades investigativas. Por mais que tenham sido contemplados no planejamento do trabalho, consideramos um desafio a sua implementação em sala de aula. Carvalho (2014) menciona que para alcançarmos a conclusão da atividade proposta devemos formalizar uma resposta discutindo a validade ou não das hipóteses iniciais.

É um desafio importante sair da zona de conforto e planejar as atividades baseadas no livro didático transformando-as em atividades investigativas (CARVALHO, 2019). Enquanto o livro didático propõe roteiros para experimentações, as atividades investigativas são estruturadas a partir dos conceitos espontâneos dos alunos, para que eles alcancem os conceitos ou conhecimentos científicos por meio de procedimentos e atitudes científicas.

A mudança de postura do professor começa com sua busca em melhorar a qualidade da sua prática docente. Para Carvalho (2018) esse objetivo pode ser alcançado, quando o professor avalia o ensino proposto, analisando se os alunos sabem ler, escrever, falar e argumentar sobre os conteúdos programáticos.

Como ponto importante da proposta didática, pudemos ver que a partir da etapa de Demonstração Investigativa os alunos demonstraram interesse pelos arranjos experimentais, onde eles tiveram a oportunidade de observar o fenômeno físico na prática, interagindo com o experimento por meio das suas hipóteses.

Deixamos essa pesquisa e esse mestrado com a persistência em continuar o caminho de reavaliar nossa prática de sala de aula, pois, Carvalho (2017) fala que a sala de aula é o encontro entre os conhecimentos diversos, que constantemente confronta o professor e requer dele seu aperfeiçoamento constante.

## REFERÊNCIAS

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). São Paulo: Pioneira Thomson Learning, p.19-33, 2004.

BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998. 136p.

\_\_\_\_\_. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002, 144p.

BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o Ensino de Ciências. 1-17, 2004. Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). São Paulo: Cengage Learning, p. 1-17, 2004.

\_\_\_\_\_. A coleção “Ideias em Ação” nasceu do trabalho. [Apresentação da coleção]. Ensino de Física, 2010.

\_\_\_\_\_.; GIL-PÉREZ, D. Formação de professores de ciências: tendências e inovações. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

\_\_\_\_\_. Calor e temperatura: um ensino por investigação. São Paulo: Livraria da Física, 2014. 146 p.

\_\_\_\_\_. Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, n. 18(3), p. 765-794, 2018.

\_\_\_\_\_. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula. São Paulo: Cengage Learning, 2019. 152 p.

CLEMENT, L.; TERRAZZAN, E. A. Atividades Didáticas de Resolução de Problemas e o Ensino de Conteúdos Procedimentais. Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciências, v. 6, 2011. 87-101 p.

DARSIE, Marta Maria Pontin. Avaliação e aprendizagem. Cadernos de Pesquisa, n. 99, p. 47-59, 1996.

GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6.ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GHEDIN, E. Teorias Psicopedagógicas do Ensino Aprendizagem. Boa Vista: UERR. Editora, 2012.

LIBÂNEO, J. C. Didática. São Paulo: Cortez, p. 195-220, 1992.

LUDKE, M.; ANDRE, M. E. D. A. Pesquisa em educação: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? *Revista Ensaio*, v. 1, 2007.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. Curso de física básica 3: eletromagnetismo. 2. ed. São Paulo: E. Blücher, 2015. 295 p.

PIETROCOLA, Maurício et al. Física: conceitos e contextos, 3: pessoal, social, histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria [manual do professor]. 1. ed. São Paulo: FTD, 2013. 304, 96 p.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

REITZ, John R.; MILFORD, Frederick J.; CHRISTY, Robert W. Fundamentos da teoria eletromagnética. 3. ed. Rio de Janeiro: [s.n.], 1988. 515 p.

RODRIGUES, B.A.; BORGES, A.T. O ensino de ciências por investigação: uma reconstrução histórica. *Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. Curitiba, 2008.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SANTOS, W. L. P. dos. Contextualização no ensino de Ciências por meio de temas CTS em uma perspectiva crítica. *Ciência e Ensino*, v. 1, n. esp., 2017.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Ensino de Ciências por investigação. Condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

\_\_\_\_\_. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 17 (n. esp.), 49–67. 2015.

\_\_\_\_\_.; MACHADO, V. F. Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar física. São Paulo: Livraria da Física, 2017. 112 p.

SILVA JÚNIOR, J. M. da; COELHO, G. R. 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.

SCHROEDER, E.; MAESTRELLI, S. R. P.; FERRARI, NADIR. A Construção dos conceitos científicos em aulas de Ciências: contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC, 2009.

SOUZA JR., D. R. O ensino de eletrodinâmica em uma perspectiva investigativa: analisando os desdobramentos sobre a aprendizagem dos estudantes. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Estado do Espírito Santo, Vitória. 2014. 121 p.

TEIXEIRA, P. M.M.; MEGID NETO, J. Uma proposta de tipologia para pesquisas de natureza interventiva. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 23, n. 4, p. 1055-1076, 2017

\_\_\_\_\_. A diversidade de pesquisas de natureza interventiva dentro da produção acadêmica em ensino de biologia: uma análise teórico-metodológica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 25, n. 1, p. 140-158, 2020.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros: volume 2, eletricidade e magnetismo, ótica. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, 2006. 550 p.

\_\_\_\_\_.; LLEWELLYN, Ralph A. Física moderna. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos, c2014. xii, 487 p.

WESTBROOK, R. B. John Dewey. in: WESTBROOK, Robert B; TEIXEIRA, Anísio; ROMÃO, José Eustáquio; RODRIGUES, Verone Lane (org.). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

ZABALA, A. A prática educativa: como ensinar. Tradução: Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

ZÔMPERO, A. F.; LÁBURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Revista Ensaio*, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, set./dez. 2011.

## APÊNDICE A – Termo de consentimento

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Projeto de Pesquisa de Mestrado: INVESTIGANDO O MAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO PARA ALUNOS DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO. Pesquisador: Sanan Zambelli Sylvestre Candido. Orientador: Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini.

Eu \_\_\_\_\_,  
RG \_\_\_\_\_, estou sendo convidado (a) para participar do estudo sobre Sequência de Ensino Investigativo de Magnetismo para Terceiro Ano do Ensino Médio.

Passo, a saber, que este estudo tem como objetivo propor e executar uma Sequência de Ensino Investigativo para o ensino de magnetismo afim de contribuir para o desenvolvimento do questionamento e da autonomia do aluno, ofertado na EEEFM Marinete de Souza Lira, Serra/ES, no período de março a junho de 2021.

Em qualquer etapa do estudo, terei acesso ao pesquisador responsável, Sanan Zambelli Sylvestre Candido, que pode ser encontrado no endereço Rua dos Eucaliptos, 01/Quadra 136A, Feu Rosa – Serra – CEP: 29172-140, telefone: (27) 981822974. As informações que eu fornecer para o pesquisador serão lacradas e ficarão sob a responsabilidade da pesquisadora Sanan Zambelli Sylvestre Candido por 5 (cinco) anos. Essas informações não serão utilizadas em meu prejuízo ou de outras pessoas, inclusive na forma de danos à estima, prestígio e prejuízo econômico ou financeiro.

Como voluntário, durante ou depois da pesquisa é garantido o anonimato das informações que eu fornecer. Li ou foi lido para minha pessoa às informações sobre o estudo e estou claramente informado sobre minha participação neste estudo. Ficam claras para mim as finalidades do estudo, os riscos e benefícios para minha pessoa, a forma como a pesquisa será aplicada para minha pessoa e a garantia de confidencialidade e privacidade de minhas informações. Confirmando que a pesquisadora Sanan Zambelli Sylvestre Candido, explicou-me os objetivos desta pesquisa, bem como, a forma de participação e declaro, portanto, que concordo em participar voluntariamente deste estudo e, se for de meu desejo, poderei deixar de participar deste estudo em qualquer momento, durante ou após minha participação, sem penalidades, perdas ou prejuízos para minha pessoa ou de qualquer equipamento ou benefício que possa ter adquirido. Declaro ainda que este TCLE está sendo assinado, por mim e pelo responsável por esta pesquisa, em duas vias, Entre as quais uma delas terá sua guarda sob a responsabilidade da pesquisadora e a outra estou recebendo.



Cariacica, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

---

Assinatura do Participante

---

Sanan Zambelli Sylvestre Candido  
Pesquisadora

Pesquisadora: Sanan Zambelli Sylvestre Candido – sananzsc@gmail.com  
Orientador: Jardel da Costa Brozeguini – jardel.brozeguini@ifes.edu.br

**APÊNDICE B - Termo de autorização de uso de dados e de imagem****TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE DADOS E DE IMAGEM**

<b>CESSIONÁRIO</b>	
<b>Título da Pesquisa:</b> INVESTIGANDO O MAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO PARA ALUNOS DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO	
<b>Pesquisadora:</b> Sanan Zambelli Sylvestre Candido	
<b>Orientador:</b> Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini	

<b>CEDENTE</b>		
Nome:		
Data de Nascimento: ____/____/____	CPF:	
Nacionalidade:	Estado Civil:	Profissão:
Endereço:		
CEP:	Cidade:	UF:
Telefone: (    )	Email:	
Responsável pelo aluno:		

Ora designado CEDENTE, declara ceder à pesquisadora Sanan Zambelli Sylvestre Candido, CPF: 031.685.717-33, RG: 1.139.957 e domiciliado na Rua Dos Eucaliptos, nº 01 - Quadra 136A. Feu Rosa – Serra – ES. CEP: 29172140, designado CESSIONÁRIO, o presente TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE SEUS DADOS, coletados a partir de observações, fotografias, relatos orais/escritos, entrevistas e questionários, para FINS ACADÊMICOS mediante as cláusulas e condições abaixo discriminadas, que voluntariamente aceitam e outorgam:

1 – por meio do presente instrumento autorizo o cessionário a utilizar minha imagem e/ou voz, captada por meio de fotografias, gravações de áudios e/ou filmagens de depoimentos, declarações, videoconferência, conferência web, entrevistas e/ou ações outras realizadas a serem utilizados com fins acadêmicos;

2 – afirmo ter ciência que a transferência é concedida em caráter total, gratuito e não exclusivo, não havendo impedimento para que o CEDENTE utilize o material captado como desejar;

3 – declaro que o Cessionário está autorizado a ser proprietário dos resultados do referido material produzido, com direito de utilização, de forma ilimitada e por um prazo de 5 anos. Após este período, os dados serão destruídos;

4 – declaro, ainda, que renuncio a qualquer direito de fiscalização ou aprovação do uso da imagem e outras informações ou de utilizações decorrentes da mesma. Concordo não exigir qualquer indenização relacionada ao exercício das autorizações concedidas por meio deste instrumento;

5 – a cessão objeto deste Termo abrange o direito do CESSIONÁRIO de utilizar meus dados, tais como voz, imagem, observações e relatos escritos, sob as

modalidades existentes, tais como reprodução, representação, tradução, distribuição, entre outras, sendo vedada qualquer utilização com finalidade lucrativa;

6 – a cessão dos direitos autorais relativos aos dados, já discriminados no item anterior, do CEDENTE é por prazo indeterminado, a não ser que uma das partes notifique a outra, por escrito, com a antecedência mínima de 90 (noventa dias). Fica designado o foro da Justiça Federal, da seção Judiciária do Espírito Santo, para dirimir quaisquer dúvidas relativas ao cumprimento deste instrumento, desde que não possam ser superadas pela mediação administrativa.

Serra, \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2021.

---

Assinatura do CEDENTE

Pesquisador: Sanan Zambelli Sylvestre Candido – sananzsc@gmail.com

Orientador: Jardel da Costa Brozeguini – jardel.brozeguini@ifes.edu.br

**APÊNDICE C - Termo de autorização para desenvolvimento da pesquisa na  
instituição**

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA NA  
INSTITUIÇÃO**

Eu, Graziely Ameixa Siqueira dos Santos, Diretora da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Marinete de Souza Lira, sediada no Município de Serra, autorizo a realização da pesquisa: **INVESTIGANDO O MAGNETISMO: UMA SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVO PARA ALUNOS DO TERCEIRO ANO DO ENSINO MÉDIO**, sob a responsabilidade da pesquisadora Sanan Zambelli Sylvestre Candido.

Cabe citar que estou ciente de que a pesquisadora está regularmente matriculada no curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física do Instituto Federal do Espírito Santo, sob orientação do professor Jardel da Costa Brozeguini.

Estou ciente que o objetivo deste trabalho de investigação consiste em estudar o desenvolvimento do tema de magnetismo de fios e ímãs, que será realizado no ano de 2021 por esta escola como Sequência de Ensino Investigativo dirigido aos alunos da terceira série do Ensino Médio. Fui esclarecida que os alunos da turma 3M04 e 3M01 serão os participantes da pesquisa.

A qualquer momento, os alunos e a equipe executora da Sequência Didática poderão desistir, não causando nenhum prejuízo às instituições envolvidas, à pesquisadora ou aos envolvidos. Cabe citar que os procedimentos adotados pela pesquisadora garantem sigilo da identidade dos participantes. Os dados serão utilizados para a realização de relatórios internos e publicações científicas.

Serra, 15 de março de 2020.

---

Graziely Ameixa Siqueira dos Santos  
Diretora

Pesquisadora: Sanan Zambelli Sylvestre Candido – sananzsc@gmail.com

Orientador: Prof. Dr. Jardel da Costa Brozeguini – Jardel.brozeguini@ifes.edu.br

### APÊNDICE D – Questionário de conhecimentos prévios

Professora:	
Escola:	EEEFM Marinete de Souza Lira
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

#### QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

1) (UFB) Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir:



A letra N indica o polo Norte e o S o polo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

- a) atração, repulsão, repulsão;
- b) atração, atração, repulsão;
- c) atração, repulsão, atração;
- d) repulsão, repulsão, atração;
- e) repulsão, atração, atração.

2) (UFB) Tem-se três barras, AB, CD, EF, aparentemente idênticas.

Experimentalmente constata-se que:

- I – a extremidade A atrai a extremidade D;
- II – A atrai a extremidade C;
- III – D repele a extremidade E;

Então:

- a) AB, CD e EF são ímãs.
- b) AB é ímã, CD e EF são de ferro.
- c) AB é de ferro, CD e EF são ímãs.
- d) AB e CD são de ferro, EF é ímã.
- e) CD é ímã, AB e EF são de ferro.

- 3) (ITA) Um pedaço de ferro é posto nas proximidades de um ímã, conforme o esquema abaixo.



Qual é a única afirmação correta relativa à situação em apreço?

- a) é o ímã que atrai o ferro
- b) é o ferro que atrai o ímã
- c) a atração do ferro pelo ímã é mais intensa do que a atração do ímã pelo ferro
- d) a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã
- e) a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro

- 4) (UFPA) Para ser atraído por um ímã, um parafuso precisa ser:

- a) mais pesado que o ímã
- b) mais leve que o ímã
- c) de latão e cobre
- d) imantado pela aproximação do ímã
- e) formado por uma liga de cobre e zinco

- 5) (UFPA) A Terra é considerada um ímã gigantesco, que tem as seguintes características:



- a) O polo Norte geográfico está exatamente sobre o polo sul magnético, e o Sul geográfico está na mesma posição que o norte magnético.
- b) O polo Norte geográfico está exatamente sobre o polo norte magnético, e o Sul geográfico está na mesma posição que o sul magnético.
- c) O polo norte magnético está próximo do polo Sul geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo Norte geográfico.
- d) O polo norte magnético está próximo do polo Norte geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo Sul geográfico.

- e) O polo Norte geográfico está defasado de um ângulo de  $45^\circ$  do polo sul magnético, e o polo Sul geográfico está defasado de  $45^\circ$  do polo norte magnético.
- 6) (UFRGS) A figura mostra um pedaço de ferro nas proximidades de um dos polos de um ímã permanente.



Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas seguintes afirmações sobre essa situação.

A extremidade L do pedaço de ferro é ..... pelo polo K do ímã.  
 Chamando o polo sul do ímã de S e o norte de N, uma possível distribuição dos polos nas extremidades K, L e M é, respectivamente, .....

- atraída – N, N e S
- atraída – N, S e N
- repelida – N, S e N
- repelida – S, S e N
- repelida – S, N e S

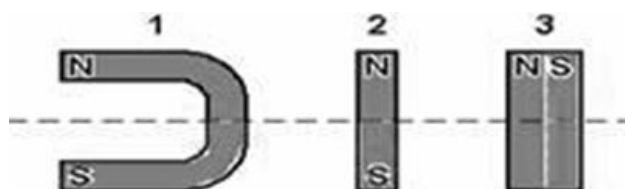
- 7) (FGV-SP) Da palavra 'aimant', que traduzido do francês significa amante, originou-se o nome ímã, devido à capacidade que esses objetos têm de exercer atração e repulsão. Sobre essas manifestações, considere as proposições:

- assim como há ímãs que possuem os dois tipos de polos, sul e norte, há ímãs que possuem apenas um.
- o campo magnético terrestre diverge dos outros campos, uma vez que o polo norte magnético de uma bússola é atraído pelo polo norte magnético do planeta.
- os pedaços obtidos da divisão de um ímã são também ímãs que apresentam os dois polos magnéticos, independentemente do tamanho dos pedaços.

Está correto o contido em

- I, apenas.
- III, apenas.
- I e II, apenas.
- II e III, apenas.
- I, II e III.

8) (FGV-SP) Os ímãs 1, 2 e 3 foram cuidadosamente seccionados em dois pedaços simétricos, nas regiões indicadas pela linha tracejada.



Analise as afirmações referentes às consequências da divisão dos ímãs:

- I. todos os pedaços obtidos desses ímãs serão também ímãs, independentemente do plano de secção utilizado;
- II. os pedaços respectivos dos ímãs 2 e 3 poderão se juntar espontaneamente nos locais da separação, retomando a aparência original de cada ímã;
- III. na secção dos ímãs 1 e 2, os polos magnéticos ficarão separados mantendo cada fragmento um único polo magnético.

Está correto o contido apenas em

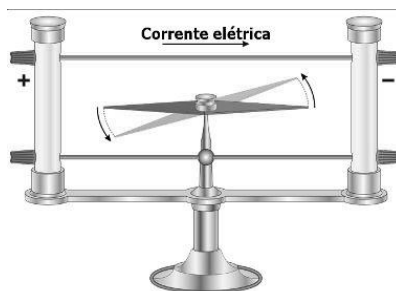
- a) I.
- b) III.
- c) I e II.
- d) I e III.
- e) II e III.

9) Sobre as propriedades do campo magnético, assinale a alternativa falsa.

- a) As linhas de indução magnética emergem do polo norte magnético e adentram o polo sul magnético.
- b) As linhas de indução magnética são sempre abertas.
- c) A concentração de linhas de indução magnética está relacionada com a intensidade do campo magnético na região.
- d) Não é possível separar, em nenhuma ocasião, os polos norte e sul magnéticos.

10) Hans Oersted foi um físico dinamarquês que mostrou que cargas elétricas em movimento podem gerar campos magnéticos. A descoberta de Oersted mostrou que o magnetismo e a eletricidade não são fenômenos distintos, mas que um pode gerar o outro. A partir dessa descoberta, iniciaram-se os estudos do eletromagnetismo.





A figura acima mostra uma bússola sofrendo deflexões (desvio da posição natural para o lado) por causa dos campos magnéticos gerados pela passagem das correntes elétricas nos fios retilíneos. Observando o sentido da corrente CC (corrente contínua) indicado na figura, como se comporta a agulha da bússola enquanto estiver passando corrente:

- a) se posiciona paralelamente ao fio retilíneo.
- b) faz um ângulo agudo com relação ao fio retilíneo.
- c) Gira sem parar para um lado somente.
- d) se movimenta hora para um lado, hora para outro lado.
- e) faz pequenos movimentos e não chega a girar.

11) Segundo a experiência de Oersted, conclui-se que toda corrente elétrica gera ao redor de si um campo magnético. Com isso, pode-se afirmar que as linhas do campo magnético, originadas por um condutor reto percorrido por uma corrente elétrica constante, são:

- a) linhas retas entrando no condutor.
- b) linhas paralelas ao condutor.
- c) circunferências concêntricas ao condutor, situadas em planos paralelos ao condutor.
- d) circunferências concêntricas ao condutor, situadas em planos perpendiculares ao condutor.
- e) linhas retas saindo do condutor.

12) Sobre o campo magnético, é correto afirmar:

- a) somente é gerado por um ímã.
- b) é maior quando gerado pelo polo sul do ímã.
- c) é maior quando gerado pelo polo norte do ímã.
- d) pode ser gerado por uma corrente elétrica.
- e) é menor nas extremidades de um ímã.

## APÊNDICE E - Leitura de texto

### LEITURA DE TEXTO

**Caros alunos, esta atividade de leitura consiste em desenvolver os conhecimentos referentes à descoberta do magnetismo e o magnetismo dos materiais.**

#### **Texto 1 - A descoberta do magnetismo**

A descoberta do fenômeno do magnetismo, segundo algumas pesquisas, ocorreu devido a algumas observações: os gregos, em Magnésia, cidade da Ásia, perceberam que na região existia um certo tipo de pedra que era capaz de atrair pedaços de ferro; outra provável origem é a do nome do pastor grego que se chamava Magnes que teve uma surpresa ao notar que a ponta de ferro de seu cajado e os pregos de suas sandálias eram atraídos por certas pedras da região do seu pastoreio, que ficava na Tessália. Estas pedras, conhecidas como Magnésia, passaram a ser conhecidas como magnetita. Já os chineses a chamavam de “pedra amante” e isto deu origem à palavra “aimant”, em francês, chegando à palavra ímã como a conhecemos hoje.

Figura 1 - Pintura surrealista do artista polonês Tomaz Alen Kopera lembrando que por algum tempo, os ímãs eram chamados de “pedras amantes” por atraírem uns aos outros.



Fonte: Pietrocola (2013).

Ao longo da história, foram encontrados relatos antigos em manuscritos gregos sobre o poder dessa pedra, considerado sobrenatural, que atraía sucessíveis anéis de ferro sem nenhuma explicação visível, descrito assim por Sócrates:

Há uma divindade contida na pedra que produz os movimentos que Eurípedes chama de ímã [...] Essa pedra não somente atrai anéis de ferro, mas também dá a eles um poder similar de atrair outros anéis [...] e o poder de suspensão de cada um deles deriva da pedra. De modo similar, uma Musa primeiro inspira ela própria alguns homens, e a partir deles uma série de outras pessoas são suspensas, adquirem a inspiração.

In: TAYLOR, Lloyd W. *Physics*. The pioneer science Light, electricity. New York: Dover Publications, 1941. v. 11, p. 578.

(Tradução dos autores)

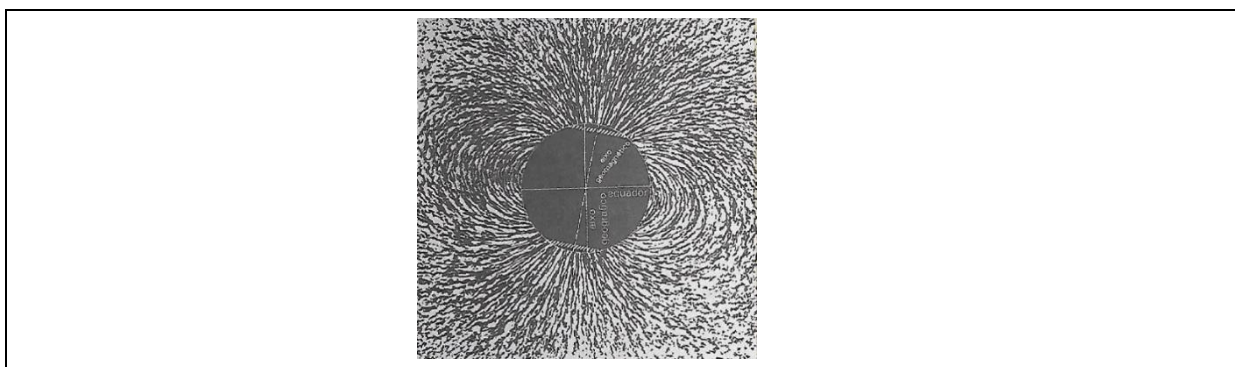
Os ímãs, atualmente, reconhecidos quimicamente como  $Fe_3O_4$  descobertos na cidade de Magnésia de onde advém o termo “magnetismo” que é a parte da física que estuda os fenômenos magnéticos, que estão presentes em nosso cotidiano, de forma evidente, nos ímãs de geladeira, no uso de bússolas, ou de forma um pouco menos evidente no funcionamento de aparelhos alto-falantes, televisões, telefones celulares, entre outros.

Numa primeira tentativa experimental, Pierre Pélerin de Maricourt, conhecido como Petrus Peregrinus, em 1269, escreveu um tratado de física experimental, em busca da compreensão do magnetismo, descrevendo experiências com uma pedra-ímã (magnetita) em forma de esfera, colocando pequenos ímãs em volta, traçando as linhas de campo magnético que concentravam-se em dois pontos opostos da esfera – os quais chamou de polos – orientados espontaneamente um para o Norte e o outro para o Sul da Terra. Mais tarde, estes polos foram chamados de polos magnéticos, em analogia aos polos geográficos da Terra.

O livro *De Magnete* foi o primeiro estudo do magnetismo considerado importante pela realização de muitas experiências sobre o assunto. Escrito de maneira sistemática, pelo inglês Willian Gilberti, médico da rainha Elizabeth I, foi publicado em 1600 e descreve certas propriedades dos ímãs como seu poder de atração e repulsão.

Com o polo norte (N) e o polo sul (S), os ímãs interagem entre si de forma que polos opostos se atraem e os polos iguais se repelem. Num ímã, um polo não aparece isolado, e se forem partidos os novos pedaços terão seus próprios polos norte e sul.

Figura 2 - Modelo do campo magnético da Terra estabelecida por uma esfera magnetizada.



Fonte: Máximo e Alvarenga (2000).

Os termos imantação ou magnetização são utilizados como forma de dizer que um corpo adquiriu propriedades temporárias ou permanentes de um ímã. Esse fenômeno acontece por meio de alguns processos, tais como: atrito, indução ou corrente elétrica. Com uma lista muito grande, muitos desses corpos têm ferro em sua composição.

Uma agulha imantada que gira livremente ao redor de um eixo, alinha-se na mesma direção dos polos geográficos e, por isso, é utilizada por viajantes e navegadores como instrumento de orientação. A nossa conhecida bússola era usada pelos chineses no século XII e pelos ocidentais um século depois, sendo considerada muito importante para o desenvolvimento das Grandes Navegações e para a expansão comercial e marítima, ocorridas entre os séculos XIII e XVI, lideradas por importantes cidades europeias.

Quando aproximamos uma agulha metálica de um ímã, ela se torna magnetizada, sendo atraída pelo ímã. No entanto, quando a agulha é afastada do ímã o efeito desaparece. Para transformá-la em um ímã permanente, é preciso friccioná-la repetidas vezes, sempre na mesma direção e assim podemos construir uma bússola com esse procedimento.

Assim, com base no exemplo da agulha, podemos classificar a maioria das substâncias em três grupos de materiais magnéticos: os diamagnéticos, os paramagnéticos e os ferromagnéticos. Esses são os principais materiais magnéticos.

No próximo texto vamos discutir cada um desses materiais mostrando como eles se magnetizam no nível microscópico.

## Texto 2 - Magnetização de um material

Um material **diamagnético** é levemente repelido pelo ímã, por exemplo, um pedaço de grafite suspenso por uma linha, bem próximo a um super ímã (ímã de neodímio), onde este material será repelido não importando o polo do ímã. São exemplos de materiais diamagnéticos a água, a prata, o ouro, o chumbo e o quartzo (ver Figura 3).

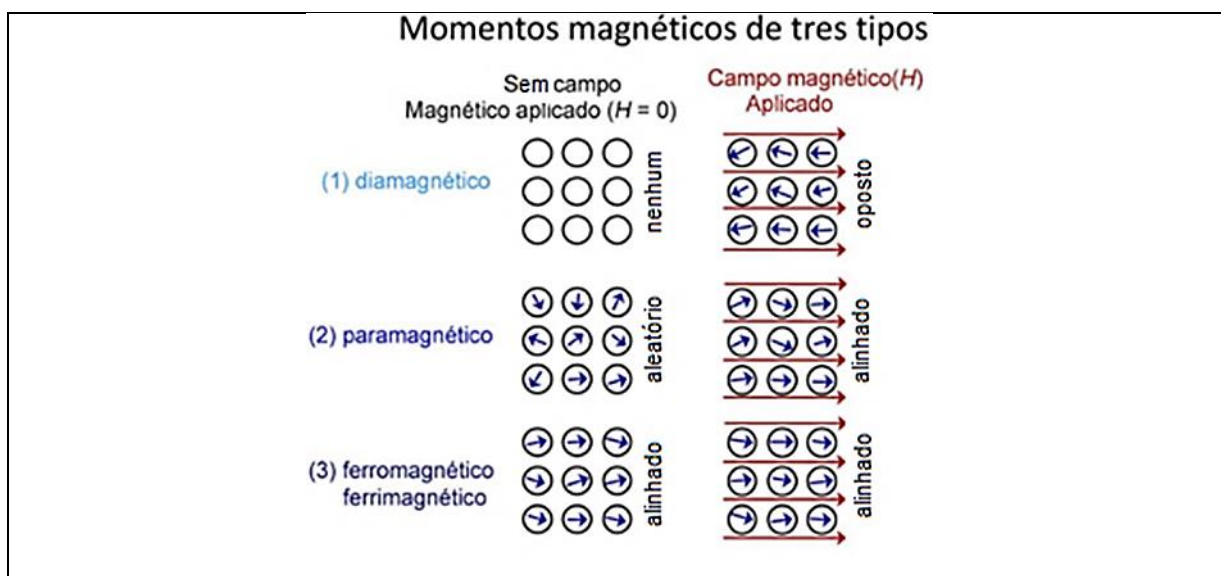
Os materiais **paramagnéticos** são fracamente atraídos pelo ímã, por exemplo: pedacinhos de alumínio suspensos por uma linha, bem próximo a um ímã, serão atraídos não importando o polo do ímã. A maioria dos materiais são paramagnéticos como o vidro, a platina, o manganês, o cromo, o estanho, o ar, entre outros (ver Figura 3).

Os materiais **ferromagnéticos** se comportam da mesma maneira que os materiais paramagnéticos, diferenciando-se somente na intensidade da atração. Por exemplo, após sofrer o processo de imantação, o ferro é fortemente atraído por um ímã e consegue manter sua magnetização por muito tempo. Isso não acontece com os materiais diamagnéticos e paramagnéticos. São alguns exemplos de materiais ferromagnéticos: o ferro, o níquel, o cobalto e algumas ligas formadas com esses elementos (ver Figura 3).

A magnetização desses materiais depende de suas propriedades intrínsecas que têm origem na estrutura eletrônica do átomo. Do ponto de vista clássico, podemos explicar a origem dos momentos magnéticos associados ao elétron como o

momento angular de spin (“giro”) do elétron. Quando esses materiais são colocados em um campo magnético externo, os momentos magnéticos intrínsecos tendem a se alinhar com o campo magnético externo.

Figura 3 - Representação esquemática dos momentos magnéticos para os três tipos de materiais magnéticos.



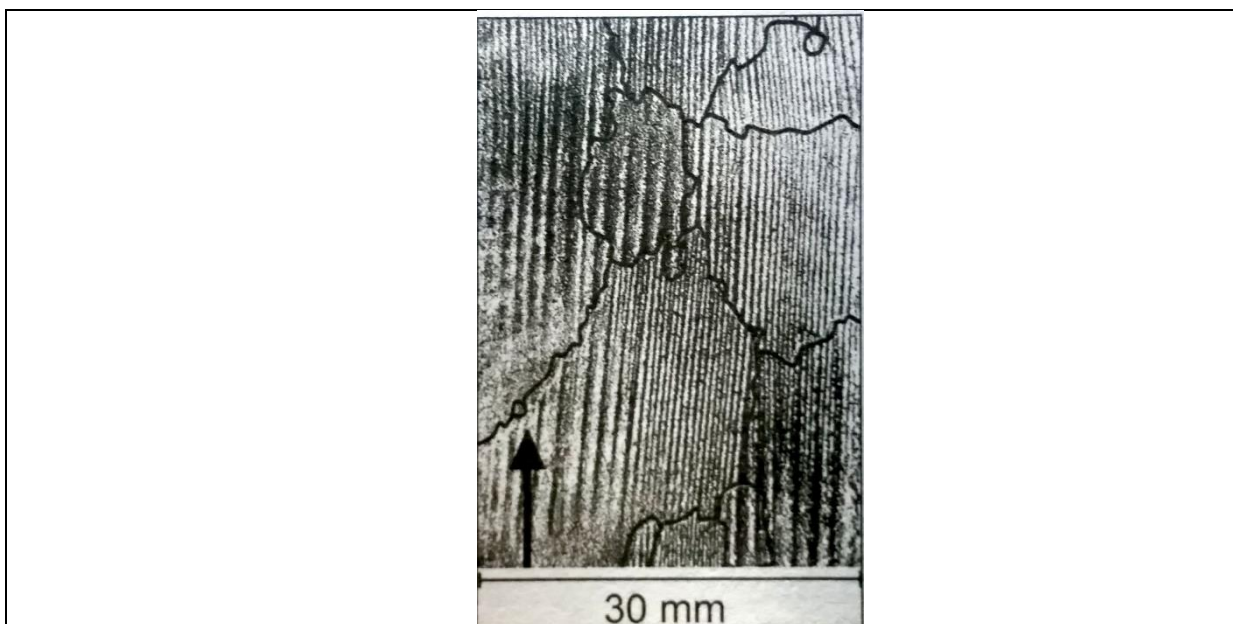
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Assim, para entender as propriedades que derivam do mundo microscópico observamos um modelo construído a partir dos átomos de um material ferromagnético considerando-os como partículas equivalentes a pequenos ímãs (ver Figura 4). Para observar o comportamento magnético de um material separamos uma amostra (Figura 4) e verificamos que o comportamento macroscópico resulta da interação, a nível microscópico, entre esses ímãs em pequenas regiões denominadas domínios magnéticos. Portanto, o aumento no tamanho dos domínios magnéticos resultará numa magnetização que perdurará por mais tempo. Isso mostra que, o mais importante nos materiais não é o momento magnético individual dos átomos, mas a capacidade da amostra em gerar domínios magnéticos que são efeitos coletivos.

Uma substância ferromagnética quando colocada num campo magnético, magnetiza-se e ao ser retirada do campo magnético, não se desmagnetiza

completamente, apresentando ainda certa magnetização mesmo na ausência do campo magnético aplicado. Essa capacidade de guardar por mais tempo as propriedades de um ímã, uma característica das substâncias ferromagnéticas, é denominada de histerese magnética (ver Figura 5).

Figura 4 - Domínios magnéticos



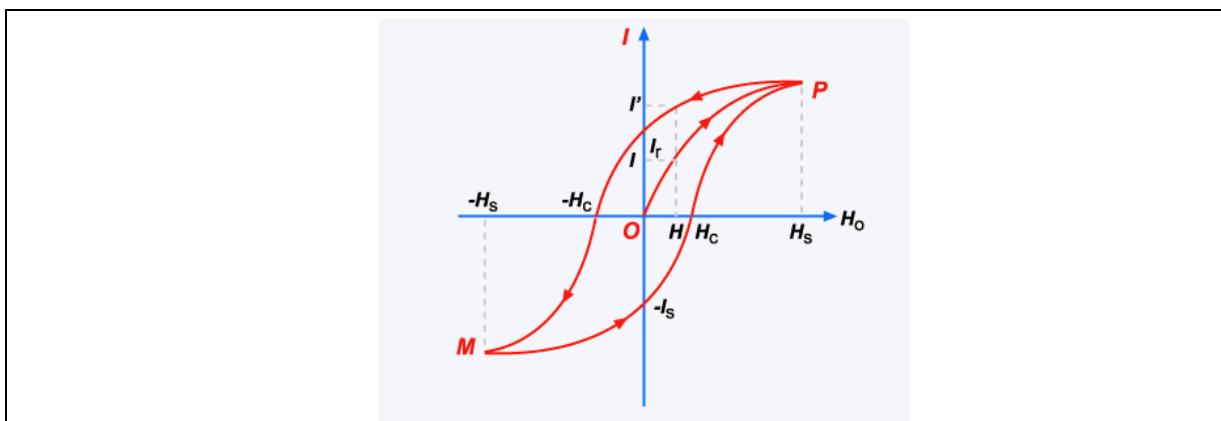
Fonte: Pietrocola (2013).

O gráfico da Figura 5 do fenômeno da histerese magnética mostra a curva I (imantação) em função de  $H_0$  (campo de indução magnético) de uma substância ferromagnética que inicialmente não apresenta magnetização. Ao aplicarmos um aumento gradual no valor do campo magnético a partir de zero até o valor  $H_s$ , sua imantação também aumentará de acordo com a curva OP. Se diminuirmos o valor do campo aplicado a partir de  $H_s$ , onde a curva de volta não é PO, vemos sua imantação diminuir conforme a curva  $PI_r$ , mostrando que, quando o campo aplicado é reduzido a zero o material ainda apresenta uma imantação residual na substância ferromagnético.

Ainda no gráfico, para desmagnetizar a substância precisamos de aplicar um campo magnético no sentido oposto, sendo que, ao atingir o valor  $-H_c$  a imantação será anulada. Aumentando o campo magnético no sentido oposto a partir de zero até  $-H_s$

chegamos ao ponto M, na parte negativa do gráfico, agora com sentido oposto ao do ponto P. Na sequência, diminuindo o campo magnético a zero, vemos também uma imantação residual representada por  $-I_s$  e seu valor vai a zero quando atingimos  $H_c$ .

Figura 5 - Diagrama ilustrando o fenômeno da histerese em uma substância ferromagnética.



Fonte: Instituto de Física/USP (2007)

Segundo Luz (2000), para alguns materiais ferromagnéticos que apresentam uma histerese muito acentuada, temos como exemplo o aço temperado que conserva uma imantação residual considerável. Além disso, essas substâncias com histereses acentuadas são usadas na construção de ímãs permanentes. Por outro lado, um tipo especial de ferro, denominado ferro doce, que apresenta uma histerese muito reduzida (praticamente nula) é usado em certos aparelhos, como, por exemplo, um eletroímã, onde é necessário que o núcleo de ferro perca praticamente toda sua imantação, assim que o campo magnético aplicado nele desaparece.

Figura 6 - Exemplos de desmagnetização.



Fonte: Elaborada pela autora (2021).



Um ímã pode perder suas propriedades magnéticas, ou seja, ser desmagnetizado, se cair no chão ou se for aquecido demais, numa temperatura a partir 770° para o ferro que é um dos elementos químicos do ímã natural. Cada substância apresenta uma temperatura de desmagnetização denominada de Ponto Curie em homenagem a Pierre Curie (1859-1906), que explicou a influência da temperatura na magnetização. As temperaturas superiores às do Ponto Curie levam a agitação térmica dos elétrons impedindo seu alinhamento. Outro exemplo de desmagnetização poder ser a desordenação magnética, ou seja, uma intensa magnetização externa que pode alterar os domínios magnéticos até não existir magnetização resultante.

**APÊNDICE F – Questões da leitura de texto**

Professora:	Sanan Zambelli
Escola:	EEEFM Marinete de Souza Lira
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

**QUESTÕES DA LEITURA DE TEXTO**

1) Gilbert imaginou um gigantesco ímã em forma de barra no interior da Terra cuja posição dos polos magnéticos coincidiriam com os polos geográficos, e esse modelo foi considerado satisfatório porque uma esfera magnetizada apresentava o mesmo comportamento magnético da Terra. Explique no que Gilbert se baseou para descrever as relações dos polos geográficos e magnéticos e sua proximidade?

---

---

---

---

2) Uma região do espaço terrestre apresenta um campo magnético e nele existe pelo menos um objeto magnetizado dentro de sua vizinhança tal como uma bússola. A agulha da bússola tem pequena massa e é móvel podendo mudar de posição, por isso serve para indicar a presença de um campo magnético revelando a interação entre o objeto magnetizado e a agulha da bússola. Com base nessas informações e no texto “A descoberta do magnetismo”, você pode explicar por que a agulha da bússola adquire a direção norte-sul magnética da Terra?

---

---

---

---

3) As auroras são fenômenos luminosos observados no céu das regiões polares da Terra. Quando a aurora é vista no hemisfério Norte, recebe o nome de aurora boreal; quando ocorre no hemisfério Sul, é chamada de aurora austral. A aurora é formada por uma interação entre os ventos solares e o campo magnético terrestre. Os ventos solares são grandes quantidades de radiação expelida pelo Sol e ocorrem constantemente, mas aumentam durante as erupções solares. Levando em consideração sua vivência faça uma lista de objetos que podem ser influenciados pela ausência/ou variação muito grande do campo magnético da Terra e as consequências disso.

---

---

---

---

4) A magnetosfera é a região no entorno da Terra em que o campo magnético terrestre é detectado, ou seja, tem algum tipo de influência relevante. Essa camada é finita em sua extensão e é fortemente influenciada pelo Sol sendo que o lado exposto aos raios solares possui extensão menor do que o outro lado oposto aos raios. Com isso podemos afirmar que o campo magnético da Terra é a mesma em todos os pontos de sua superfície?

---

---

---

---

5) No texto “Magnetização de um material” vimos que os momentos magnéticos individuais interagem entre si gerando os domínios magnéticos, regiões em que os átomos apresentam relativa organização magnética a nível microscópico. Utilizando o conceito de domínio magnético explique o processo de magnetização dos materiais ferromagnéticos, a exemplo do que acontece com a agulha de uma bússola.

---

---

---

---

6) As imagens obtidas da ressonância magnética nuclear são de grande valia para diagnóstico médico e suas imagens estão associadas ao magnetismo da matéria. Os prótons e nêutrons no núcleo também apresentam um momento magnético intrínseco. Aplicando um campo magnético ao núcleo do átomo este vai interagir com o campo externo. Com base nestas informações e o que você aprendeu sobre bússola explique como se dá essa interação.

---

---

---

---

7) (Pietrocola, 2013) Um estudante desejava grudar um recado na porta da geladeira de casa. Não tendo com que prender o recado, lembrou-se de um ímã guardado na gaveta de sua escrivaninha. Apanhou-o e foi surpreendido pelo fato de

ele não parar grudado, mas cair invariavelmente no chão. Pensou, então, em reimantá-lo. Quais foram as possíveis causas para que o ímã perdesse sua imantação? Liste abaixo as possíveis causas do ímã ter perdido sua imantação.

---

---

---

---

8) Por que nem todos os materiais cujos átomos individualmente têm efeito magnético são atraídos/ou repelidos por um ímã?

---

---

---

---

## APÊNDICE G – Demonstração investigativa

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

### DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

**Caro aluno a demonstração investigativa consiste em um ímã em forma de barra e um punhado de pó de ferro (limalha de ferro). Vamos jogar o pó de ferro próximo ao ímã e estudar suas propriedades. Porém, antes de realizarmos a atividade, responda os seguintes questionamentos sobre o que vai ser demonstrado.**

**Questão proposta 1:** O que pode acontecer com as limalhas se aproximarmos um ímã em forma de barra por cima da plataforma de acrílico? E como as limalhas vão se comportar quando aproximarmos o ímã por baixo?

No espaço abaixo vocês devem formular uma hipótese inicial para questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço abaixo.

**Questão proposta 2:** O que pode acontecer com as limalhas se aproximarmos o ímã em forma de rosca por cima da plataforma de acrílico? E como as limalhas vão se comportar quando aproximarmos o ímã por baixo?

No espaço abaixo vocês devem formular uma hipótese inicial para questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço abaixo.

**Questão proposta 3:** O que pode acontecer com as limalhas se aproximarmos um ímã em forma de ferradura por cima da plataforma de acrílico? E como as limalhas vão se comportar quando aproximarmos o ímã por baixo?

No espaço abaixo vocês devem formular uma hipótese inicial para questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço abaixo.

**Questão proposta 4:** O que pode acontecer com as limalhas se aproximarmos um ímã em forma de disco por cima da plataforma de acrílico? E como as limalhas vão se comportar quando aproximarmos o ímã por baixo?

No espaço abaixo vocês devem formular uma hipótese inicial para questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço abaixo.

## APÊNDICE H - Questões abertas

Professora:	Sanan Zambelli
Escola:	EEEFM Marinete de Souza Lira
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

### QUESTÕES ABERTAS

**Caro aluno começaremos uma nova etapa que consiste em responder alguns questionamentos sobre o que aprendemos até agora.**

**Questão 1:** Quando falamos de Magnetismo, qual o primeiro objeto em que vocês pensam? E por que este objeto?

---



---



---



---

**Questão 2:** Marta quer colocar um quadro na sua sala e comprou um parafuso que pode ser colocado direto na parede.

Ela está com um problema. Está sozinha em casa e não consegue segurar o parafuso e a furadeira ao mesmo tempo no local onde pretende colocar o quadro. Marta lembrou que possui uma coleção de ímãs de geladeira, e acredita que podem lhe ajudar. Como os ímãs podem ajudar a Marta?

---



---



---



---

**Questão 3:** O pai de Daniel, que é professor de Física, pediu que ele pegasse na caixa de experimentos um ímã em forma barra. Com o objetivo de ensinar algo ao filho ele pergunta:

- Como você encontraria os polos norte e sul deste ímã?
- E como sabemos que existe um outro ímã próximo dele?

---



---



---



---



**Questão 4:** Paulinha estava na sala brincando com a bússola de pescar de seu pai quando sua mãe a chamou. Ela pede pressa e Paulinha responde:

- Já vou mãe, tô seguindo a bússola.

Quando sua mãe vai olhar, Paulinha está andando em círculo perto da estante onde tem a televisão e um home theater. E pergunta:

- O que está acontecendo Paulinha?

Você sabe o que está acontecendo e o porquê?

---

---

---

---

---

**Questão 5:** Por que a agulha de uma bússola se alinha com a direção norte-sul da Terra? E o que faz com que a agulha de uma bússola mude de posição?

---

---

---

---

---

**Questão 6:** Existe uma forma de impedir que um ímã atraia o outro?

---

---

---

---

---

**Questão 7:** Um objeto pode se tornar um ímã? Quantos cliques de papel podem ser pendurados num mesmo ímã?

---

---

---

---

---

## APÊNDICE I - Problema aberto

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

### PROBLEMA ABERTO 1

**Caros alunos, temos a nossa frente um kit que consiste em um pequeno circuito formado por uma chave, uma bateria e um fio de cobre, e junto com o circuito uma bússola e um ímã para analisarmos os seguintes questionamentos:**

a) O que acontece com a ponta vermelha da agulha se a colocarmos alinhada paralelamente ao fio e ligarmos a chave?

---



---



---

b) Mantendo a agulha paralela ao fio o que acontecerá com a ponta vermelha da agulha se fizermos um giro bem devagar entorno do fio retilíneo com a chave ligada?

---



---



---

c) O que acontece com a agulha de uma bússola alinhada perpendicularmente a um fio retilíneo quando ligamos o interruptor?

---



---



---

Você consegue construir uma regra para a direção e o sentido do campo magnético utilizando o polegar e os quatro dedos da sua mão direita, onde o polegar deve apontar no sentido da corrente convencional? Se sim, descreva essa regra no espaço disponível abaixo.

---

---

---

---

---

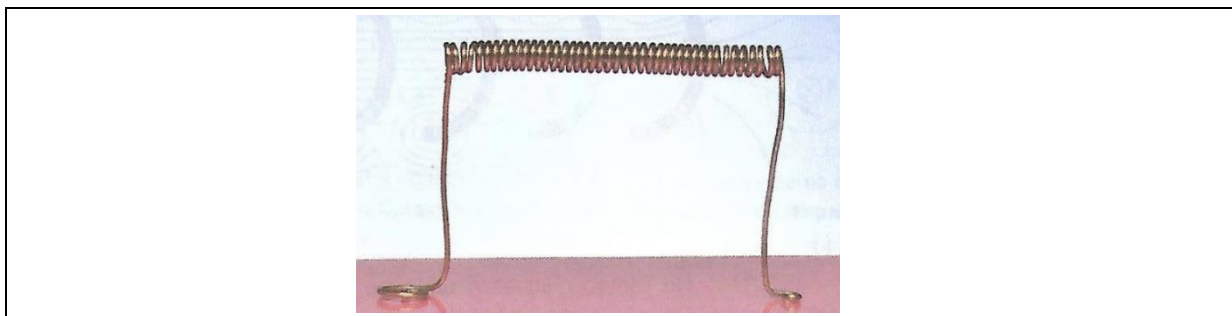
---

---

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/___
Turma:	
Alunos:	

## PROBLEMA ABERTO 2

Caros alunos, no problema aberto anterior observamos o campo magnético criado por uma corrente elétrica. Para responder o problema abaixo vocês receberão um kit que possui pedaços de fio de cobre e materiais diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos para construir um objeto com propriedades de um ímã.



1) Tomando como base a figura do enrolamento de um fio como uma espira de caderno, construa seu enrolamento utilizando uma caneta esferográfica como molde. Coloque o enrolamento a uma distância de 5cm de um clipe de papel e anote o que você observou.

--

2) Agora fazendo o mesmo procedimento do item 1, porém colocando dentro do enrolamento um material que preencha todo o espaço entre os fios, coloque esse enrolamento a uma distância de 5cm de um clipe de papel e diga se a força magnética diminuiu, permaneceu a mesma ou aumentou quando comparada ao caso em que não havia material preenchendo o espaço vazio. Faça essas anotações no quadro abaixo.

Enrolamento com madeira	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>
Enrolamento com alumínio	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>
Enrolamento com plástico	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>
Enrolamento com grafite	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>
Enrolamento com ferro	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>

Agora, organize no quadro abaixo em ordem crescente de intensidade o campo magnético produzido pelos diferentes materiais.

Ordem crescente (do mais fraco para o mais forte)	Material
1	
2	
3	
4	
5	

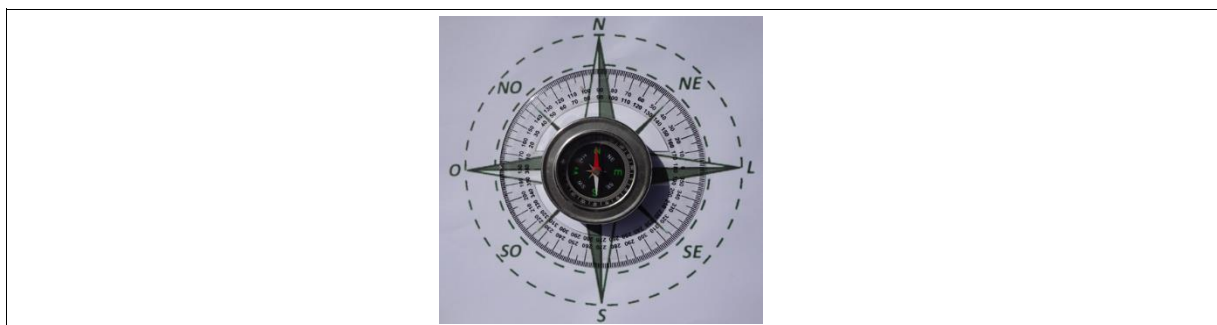
## APÊNDICE J – Laboratório aberto

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

### LABORATÓRIO ABERTO

**Caros alunos, temos a nossa frente um kit que consiste em uma bússola, transferidor, ímãs, pilhas e fios esmaltados para o nosso desafio.**

Com a bússola na direção norte-sul da Terra marque no papel A4 indicando os pontos cardiais.



Fonte: Elaborado pela autora (2021)

Agora, tomando como base a figura acima responda a seguinte pergunta: o que acontece com a agulha da bússola quando aproximamos um ímã pequeno arrastando-o sobre a linha Leste-Oeste? (Use na sua resposta a rosa dos ventos e ângulos para indicar direção e sentido da agulha e, além disso, diga qual é a distância que o ímã está da bússola).

---



---



---



---

A partir dos dados coletados na etapa anterior propomos a você o seguinte desafio: Construa uma bobina com a capacidade de provocar na agulha o mesmo deslocamento angular causado pelo ímã permanente quando colocado na mesma posição em que ele estava.

Para auxiliar no seu trabalho anote todos os procedimentos realizados para resolver o desafio, ou seja, defina todas as hipóteses que precisam ser testadas e o passo a passo para a coleta de dados. Com isso, listamos abaixo alguns tópicos importantes a serem registrados no seu plano de trabalho

1. Aqui você e seus colegas podem colocar as primeiras impressões sobre o problema e, também, podem escrever as hipóteses levantadas para pelo grupo para a sua solução.

---

---

---

---

2. Aqui você e seus colegas podem relatar as tentativas de resolver o problema. Ou seja, vocês devem escrever os procedimentos adotados na montagem do arranjo experimental.

---

---

---

---

3. Aqui você pode escrever a conclusão do trabalho discutindo a validade (ou não) das hipóteses levantadas no item a.

---

---

---

---

## APÊNDICE L – Questionário de opinião

### QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

Solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. Ele tem por objetivo verificar a sua opinião quanto a Sequência de Ensino Investigativa (SEI) que fizemos para o estudo do campo magnético. Não existem respostas certas ou erradas. Por isso lhe solicito que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. **O nome é opcional.**

Nome: \_\_\_\_\_

Dê sua nota, marcando um **X** para cada item de acordo com a escala:

Ruim					Ótimo	
1	2	3	4	5		

	Ruim			Ótimo	
	1	2	3	4	5
1. Como você avalia de forma geral a sequência de ensino por investigação (SEI)?					
2. Qual foi o seu nível de motivação durante as aulas investigativas?					
3. Qual foi o seu nível de participação nos debates realizados em grupo?					
4. Como você avalia o engajamento dos colegas do grupo para tirar algumas das suas dúvidas?					
5. Qual o nível de contribuição das atividades em grupo para o seu aprendizado?					
6. Qual o nível de contribuição da aula de demonstração investigativa para o seu aprendizado?					
7. Como você avalia o uso de questões abertas para discussão da força elástica?					
8. Como você avalia o uso de textos de apoio para a compreensão do tema estudado?					
9. Qual a contribuição da aula em que calculamos a constante elástica da mola para o seu aprendizado?					
10. Como você avalia a atividade experimental de laboratório aberto como método de ensino?					

Após a sequência de estudo sobre força elástica como você aplicaria esse tema no seu cotidiano?

---



---



---



**APÊNDICE M – Tabela com as datas de aplicação das atividades**

ETAPA	ATIVIDADE	DATA	SÉRIE/TURMA
1	Apresentação	04/02/2021	3M01 - A
1	Apresentação	04/02/2021	3M02 - A
2	Investigando o Conhecimento	08/02/2021	3M01 - A
2	Investigando o Conhecimento	09/02/2021	3M02 - A
3	Leitura de Texto	10/02/2021	3M01 - A
3	Leitura de Texto	10/02/2021	3M02 - A
1	Apresentação	18/02/2021	3M01 - B
1	Apresentação	18/02/2021	3M02 - B
2	Investigando o Conhecimento	22/02/2021	3M01 - B
2	Investigando o Conhecimento	23/02/2021	3M02 - B
3	Leitura de Texto	26/02/2021	3M01 - B
3	Leitura de Texto	26/02/2021	3M02 - B
4	Demonstração Investigativa	04/03/2021	3M01 - A
4	Demonstração Investigativa	04/03/2021	3M02 - A
5	Questões Abertas	05/03/2021	3M01 - A
5	Questões Abertas	05/03/2021	3M02 - A
6	Problemas Abertos	09/06/2021	3M01 - A
7	Laboratório Aberto	09/06/2021	3M02 - A
4	Demonstração Investigativa	14/06/2021	3M01 - B
5	Questões Abertas	14/06/2021	3M02 - B
6	Problemas Abertos	15/06/2021	3M01 - B
7	Laboratório Aberto	19/06/2021	3M02 - B

**APÊNDICE N – Produto educacional**

INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

**ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: UMA INTERVENÇÃO DIDÁTICA PARA ENSINO  
DOS CONCEITOS DE MAGNETISMO**

**SANAN ZABELLI SYLVESTRE CANDIDO  
JARDEL DA COSTA BROZEGUINI**

CARIACICA/ES  
2021

## APRESENTAÇÃO

As orientações contidas nesse guia são frutos de um trabalho colaborativo que perpassou por etapas de planejamento, execução e reflexão. Estas, por sua vez, são características de um método de ensino, denominado Ensino por Investigação, que norteou a metodologia da pesquisa de Mestrado a qual originou esse guia didático baseado numa Sequência de Ensino Investigativa (SEI) que contempla o conteúdo magnetismo. O guia é destinado ao professor da educação básica com o objetivo de auxiliá-lo na aplicação de atividades investigativas em sala de aula.

Dentre as atividades que podemos destacar na intervenção pedagógica temos: questionário prévio, leitura de texto, demonstração investigativa, questões abertas, problemas abertos e laboratório aberto. Os roteiros e experimentos a serem usados na intervenção didática estão inseridos nesse guia, ressaltando-se o seu potencial no desenvolvimento conceitual do estudante.

Este guia também apresenta uma breve revisão do Ensino por Investigação para que o referencial teórico não se torne um obstáculo ao trabalho do professor.

Sanan Zambelli Sylvestre Candido  
Jardel da Costa Brozeguini

## SUMÁRIO

	<b>APRESENTAÇÃO</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO</b>	<b>3</b>
1.1	CONTEXTO HISTÓRICO .....	3
1.2	PERSPECTIVAS ATUAIS .....	8
1.3	A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI).....	12
1.3.1	<b>Textos históricos</b> .....	14
1.3.2	<b>Demonstração investigativa</b> .....	14
1.3.3	<b>Questões abertas</b> .....	15
1.3.4	<b>Problemas abertos</b> .....	16
1.3.5	<b>Laboratório aberto</b> .....	17
1.3.6	<b>Sistematização do conhecimento</b> .....	19
<b>2</b>	<b>SOCIOINTERACIONISMO DE VYGOTSKY</b>	<b>20</b>
2.1	O ENSINO DE CIÊNCIAS NA PERSPECTIVA SOCIOCULTURAL .....	25
2.2	APRECIÇÃO DOS CONHECIMENTOS AO FINALIZAR UMA SEI: AVALIAÇÃO .....	28
<b>3</b>	<b>A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA</b>	<b>36</b>
3.1	AULA 1: APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO .....	36
3.2	AULA 2: INVESTIGANDO CONHECIMENTOS PRÉVIOS.....	37
3.3	AULA 3: TEXTOS DE APOIO.....	42
3.3.1	<b>Leitura de Texto</b> .....	42
3.4	AULA 4: DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA.....	54
3.4.1	Campo Magnético de ímãs permanentes .....	54
3.5	AULA 5: QUESTÕES ABERTAS.....	57
3.6	AULA 6: PROBLEMAS ABERTOS .....	60
3.7	AULA 7: LABORATÓRIO ABERTO.....	64
3.8	AULA 8: QUESTIONÁRIO FINAL.....	66
3.9	AULA 9: QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO .....	66
<b>4</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>68</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>69</b>

## 1 O ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO

### 1.1 ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO E UM CONTEXTO HISTÓRICO

“Quando falamos de Ensino de Ciências por Investigação, pretendemos sugerir imagens alternativas de aulas de ciências” (MUNFORD; LIMA, 2007, p. 92), bem diferentes daquelas que ainda vemos em escolas, onde o mais comum é o professor no quadro com anotações seguidas de explicações sobre um conteúdo e os estudantes concentrados em anotar e ouvi-lo a dissertar sobre um determinado tópico de conteúdo.

[...] O emprego do termo ensino por investigação não é consensual entre os pesquisadores da área de ensino de ciências. Mesmo onde a proposta de ensino por investigação pode se dizer bem consolidada, em termos das diretrizes curriculares, como é o caso dos EUA, os pesquisadores destacam a existência de uma polissemia em relação ao sentido do termo investigação, bem como das inúmeras perspectivas diferentes de ensino por investigação. (SÁ; LIMA, 2011, pág. 80).

No século XIX, surgem as primeiras justificativas para a incorporação de aspectos da investigação científica nas salas de aula por meio do laboratório escolar (SÁ; LIMA, 2011) e a participação da educação em ciências estava iniciando mesmo que ainda pequena. Ao mesmo tempo era reivindicada o aumento da participação nas definições curriculares tanto na Europa, quanto nos EUA, junto a contemplação do objetivo de os estudantes a realizarem investigações científicas.

Ainda, no fim do século XIX, o filósofo norte-americano John Dewey contrapõe a Filosofia Ocidental, que para ele o pensamento não é um conjunto de impressões sensoriais, nem fabrica algo chamada “consciência”, e muito menos um “Espírito Absoluto” se manifesta por ele, e sim numa função mediadora e instrumental para servir aos interesses da sobrevivência e do bem-estar humano num processo de evolução. Para validar seus trabalhos mediante a experimentação estudava as consequências para a Pedagogia de seu instrumentalismo. Nesta teoria se destacava a “necessidade de se comprovar o pensamento por meio da ação que se

quer transformada em conhecimento” (WESTBROOK, 2010, p. 14), em confronto com a prática educacional da época, fundamentada em uma epistemologia dualista errônea que o convenciam de que havia muitos problemas, se opõem mente e mundo, pensamento e ação.

Dewey também acreditava que o valor dos interesses reside na força que proporciona, não no sucesso que representa e, por isso, a eficácia da educação requer um educador que explore as tendências e os interesses para orientar o educando na busca de novos conhecimentos, local no pensamento onde se realiza a síntese entre suas experiências e os conhecimentos. E que a maioria dos educadores podem aprender a fazer sobre conhecimentos teóricos e práticos necessários para ensinar dessa maneira.

Então, podemos entender que a teoria educativa de Dewey está muito menos centrada no educando e mais no educador do que se pode pensar. A escola, como a concebe, propõe ao educando um caráter democrático confiando menos nas “capacidades espontâneas e primitivas da criança” (WESTBROOK, 2010, p. 21) do que na predisposição dos educadores para criar uma aula com um ambiente adequado convertendo-as em hábitos sociais.

É no início do século XX que John Dewey, como membro da Associação Americana para o avanço da Ciência (AAAS), ataca com críticas o ensino como transmissão de informações, sustentando a ideia de que a ciência é mais do que um corpo de conhecimentos a ser aprendido e que deveria implicar na aprendizagem de processos ou métodos usados nas ciências (SÁ; LIMA; AGUIAR JR., 2011).

Nesse aspecto, é possível uma relação entre a pedagogia de Dewey e as ideias de Vygotsky (ZOMPERO; LABURU, 2011), já que os dois defendem elementos sociais na aprendizagem. Vygotsky considera que “o uso da fala representa a necessidade de interação social e comunicativa da criança que, construída numa dinâmica social e histórica, possibilita a sua compreensão do mundo” (GHEDIN, 2012, p. 141), como também considera o funcionamento do uso de instrumentos um meio simbólico de resolução de problemas.

Entende que a vida é um trabalho criativo e, ao ser transformada neste processo criativo, o indivíduo atinge novos níveis de insight e de compreensão (SHROEDER; FERRARI, 2009) e o lugar onde podemos encontrar os cenários adequados para as relações interpessoais que se estabeleçam e promovam o desenvolvimento intelectual dos estudantes para a apropriação dos significados socialmente e historicamente produzidos, é a escola.

Para o pesquisador, seria um erro desvalorizar as experiências pessoais dos estudantes por parte dos professores, pois cabe ao professor organizar meios para os conhecimentos que se fazem através da própria experiência do aluno. Acrescentando ainda que o processo de educação se apoia na atividade pessoal do aluno e ao educador consiste a arte de orientar e regular essa atividade. “Assim, de acordo com o raciocínio Vygotskyano, a colaboração sistemática entre o professor e o educando é que propiciará o amadurecimento das funções psicológicas superiores” (SHROEDER; FERRARI, 2009, p. 11) e como consequência o desenvolvimento intelectual do educando, pois para Vygotsky todo o processo de desenvolvimento psicológico do conteúdo central e fundamental se constitui pela mudança da estrutura funcional da consciência.

Assim, na primeira metade do século XX, um movimento pela supervalorização do domínio do conhecimento científico em relação às demais áreas do conhecimento humano (SANTOS, 2007), a educação científica, teve seu objetivo principal voltado para os valores sociais (ZOMPERO; LABURU, 2011).

“A perspectiva de ensino de ciências por investigação somente ganhou forças na segunda metade do século XX” (SÁ; LIMA, 2011, p. 81) e para estabelecer a visão da educação científica teve uma voz influente, o educador Joseph Schwab. O ensino e a aprendizagem da ciência, para ele, deveriam refletir o modo de compreender os conhecimentos científicos, porque a ciência era constituída tanto por estruturas conceituais, quanto por procedimentos que foram construídos e revisados ao longo da história (SÁ; LIMA, 2011).



Schwab também assinala que os professores deveriam apresentar a ciência como investigação e os alunos, utilizar processos de investigação para aprender ciências. Nessa direção, esse autor recomendava que os professores dessem atenção ao laboratório e usassem experiências para conduzir suas aulas, antes de introduzir uma explicação formal de conceitos e princípios científicos. (SÁ; LIMA, 2011, p. 81)

O cognitivismo em ascensão, a partir da década de 1970, fez com que a influência dessas ideias fosse reparada na educação. Além disso, as ideias progressistas destacam a importância das interações socioculturais para a aprendizagem como outro aspecto relevante a ser considerado (ZOMPERO; LABURU, 2011). Possibilitando, assim, a relação entre a pedagogia de Dewey e as ideias de Vigotsky para defender os elementos sociais na aprendizagem.

Ainda na década de 1970, com o reconhecimento de que o meio ambiente não era fonte inesgotável de recursos e a ação de aproveitamento da natureza também não era infinita, o Ensino de Ciências novamente se preocupa em propor uma educação abordando os aspectos sociais relativos ao desenvolvimento científico e tecnológico (ZOMPERO; LABURU, 2011). Essa abordagem começa na Grã-Bretanha, desenvolvendo-se pela década de 1980 para a discussão de ideias, alcançando práticas pedagógicas que envolvia textos, currículos e processos de avaliação.

Podemos observar, resumidamente, o coletivo de pensamento da educação científica no século XX com a apresentação de métodos gerais a serem aplicados a diferentes problemas e contextos que poderiam ser estudados em sala difundidos por Dewey e outros educadores do início do século XX. No século passado, localizamos o momento histórico que essa visão predominou, pois começa com a guerra fria e a corrida armamentista entre o bloco ocidental liderado pelos Estados Unidos e o bloco liderado pela União Soviética, em que os neoprogressistas dos anos 70 e 80 apoiam a posição da educação científica dos idealizadores dos anos 50 e 60 das reformas educacionais que ocorreram com as diferentes disciplinas que tinham como bandeira o compromisso com o rigor acadêmico e a herança científica (RODRIGUES; BORGES, 2008).

O status da educação científica nos Estados Unidos no final dos anos 1970 e começo dos anos 1980 foi sintetizado a um conjunto de levantamentos, avaliações e estudos de caso que revelou que a comunidade de pesquisadores da educação científica estava utilizando o termo “investigação” de diversas formas (RODRIGUES; BORGES, 2008). Esse projeto foi financiado pela Fundação Nacional da Ciência (NSF) americana a qual verificou que o termo tanto se referia a investigação como conteúdo, quanto como técnica de instrução, não ficando claro seu significado. Muitos professores aceitavam positivamente o valor da investigação no ensino do conteúdo e também apresentavam razões para não a utilizar como técnica de instrução, tais como os problemas em coordenar a turma ao introduzir um conteúdo ou guiar experimentos. Ainda alegavam a dificuldade em atender as demandas das tarefas, como por exemplo, os problemas com os equipamentos e os materiais necessários à segurança dos alunos, além de mais dúvidas quanto ao cumprimento do que foi planejado. Os questionamentos não são muito diferentes do que ocorrem nos laboratórios tradicionais de ciências.

Durante os anos 1980, a comunidade de educadores e pesquisadores do ensino de ciências, numa espécie de consenso, possibilita a diferença entre os termos “ensino como investigação” de “ensino por investigação”, em que a primeira se refere a conhecimentos sintáticos e a segunda como prática de ensino por investigação. Assim, passa a agregar o aspecto cultural do conhecimento científico ao ensino por investigação pela comunidade acadêmica, necessária para o ensino de ciência entre conhecimentos sobre história e filosofia da ciência numa relação direta com o entendimento sobre a natureza da ciência.

O objetivo era conjugar os aspectos culturais, disciplinares e intelectuais, bem como a habilidade de aplicar o conhecimento científico na resolução de problemas relevantes para o estudante ou para a sociedade. O ensino por investigação tinha todo este papel que incluía ainda a capacidade de motivar o estudante e toda esta tendência era mantida embaixo do guarda-chuva da alfabetização científica (RODRIGUES; BORGES, 2008, p.10)

O ensino de ciências por investigação é motivo de interesse em diversas pesquisas no Brasil. Começou a ser debatido amplamente nos PCN (1998), a partir da “publicação dos documentos que orientaram a reforma da educação em ciências nos Estados Unidos” (RODRIGUES; BORGES, 2008, p. 10).

## 1.2 Ensino por investigação

Ao longo do século XX, a educação experimenta trocas expressivas em sua reforma acompanhando de perto as modificações que aconteceram em nossa sociedade.

A escola, com a finalidade de levar os alunos da geração atual a conhecer o que já foi historicamente produzido pelas gerações anteriores, também foi atingida por tais mudanças sociais. Durante muitos anos esses conhecimentos, pensados como produtos finais, foram transmitidos de maneira direta pela exposição do professor. Transmitem-se os conceitos, as leis, as fórmulas. Os alunos replicavam as experiências e decoravam os nomes dos cientistas. (CARVALHO, 2013, p. 1)

Diante disso, o ensino de ciências coloca professores e alunos numa posição desafiadora e mudar a visão do aluno quanto à ciência passa ser o maior deles, além de inserir esse aluno no mundo científico e habituado com sua linguagem. Esse aluno deve ser capaz de traduzir o mundo pela visão científica de modo que a ciência inserida em seu dia a dia faça parte também de sua vida, de sua cultura e de seu cotidiano. Neste sentido, os apoiadores do ensino por investigação visam à alfabetização científica, pois compreendem essa capacidade como estratégia que promove a percepção da natureza da ciência e cria ações na resolução de problemas autênticos possibilitando a aplicações do conhecimento.

Diferenciar o que se aprende na escola de seu cotidiano traz ao professor o desafio de oferecer a nossos alunos esses conhecimentos e tecnologias. Nesse momento, formar cidadãos para o mundo atual se faz necessário, para trabalharem, viverem e intervirem na sociedade de maneira crítica e responsável, em decisões que estão atreladas a seu futuro, da sociedade e do planeta (CARVALHO, 2010).

O professor precisa se perguntar quanto aos aspectos ligados ao planejamento e a elaboração curricular por quê e para quê ensinar física? E numa perspectiva histórica, um grande marco em relação ao currículo pode ser fincado com o lançamento do satélite russo, o Sputnik, no final da década de 1950. Nessa corrida para atingir o primeiro lugar, os EUA tiveram por objetivo formar cientistas e engenheiros com projetos para despertar o interesse dos alunos para as Ciências e Engenharias. Muitos desses projetos tinham como marca registrada a conceitualização, com ênfase a parte experimental convidando os alunos a resolver problemas e a investigar situações científicas (CARVALHO, 2010).

A adoção de projetos para o ensino de Ciências por outros lugares mobilizou profissionais da área para planejar propostas próprias como aconteceu, por exemplo, com a Inglaterra e o Brasil. Seguindo ideias similares, o Brasil, que devido ao contexto sociocultural, realizou adaptações e reformulações para se adequar à nossa realidade. Algumas escolas adotaram esses projetos que contribuíram com as diretrizes para concretizar um currículo, mas, a maioria das vezes, os materiais didáticos usados em muitas escolas brasileiras traziam uma concepção de ensino tradicional que vinha regulando o planejamento do currículo. Sem a preocupação de relacionar dimensões que perpassam pela área de estudo e serem fonte de auxílio para preparação de aula para orientação ou até mesmo definição do currículo.

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), de 1996, traz como objetivos centrais planejados para a Educação Básica: a formação geral do cidadão e a sua preparação para o trabalho (CARVALHO, 2010). Na formação do indivíduo, permitindo como cidadão atuar na sociedade contemporânea que se espera desenvolver competências e habilidades que implicam em possibilidades que ele compreenda, intervenha, investigue e participe de discussões que envolvam sua realidade. Sasseron (2015), nesse sentido, discorre que concretizar o desenvolvimento do espírito crítico requer oferecer espaço entre alunos e professores para discussões; do espírito investigativo com verdadeiras investigações; do espírito participativo e solidário com participação verdadeira envolvendo os colegas no processo de aprendizagem, negociando valores, significados e crenças

Na mesma década, são publicados os Parâmetros Curriculares Educacionais (PCNs) com orientações com aspectos conteudistas, metodológicos e epistemológicos a serem consideradas na elaboração e planejamento de currículos e cursos. Delineado pela LDB os PCNs propõem para compor os currículos escolares duas linhas que são a Base Curricular Nacional e Parte Diversificada. Esse documento contém muitas considerações importantes e uma delas é a apresentação da ideia de competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes como parte dos objetivos que esperamos alcançar com a formação geral (CARVALHO, 2010), de forma crítica e participativa na sociedade atual. Muitas competências e habilidades para cada uma das disciplinas podem ser encontradas nos PCNs e dividida em três grandes blocos que são: Representação e Comunicação; Investigação e Compreensão; e Contextualização Sociocultural.

Assim, a Física tem por objetivo formar cidadãos atuantes, participativos para viver na sociedade atual, sendo isso uma especificidade da disciplina que se encontra em amplo desenvolvimento. As teorias, modelos e explicações dadas por cientistas de nacionalidades diversas e o desenvolvimento da tecnologia associada aos conhecimentos gera, muitas vezes, a formulação de novas proposições.

Trabalhar Ciências em sala de aula deve privilegiar não apenas os produtos trazidos pela comunidade científica, mas também o processo pelo qual se chega a tais produtos e o entorno dessa produção (SASSERON; MACHADO, 2017). E, assim, traçar objetivos específicos para as turmas trabalhadas que exija o conhecimento de aspectos sociais e culturais em concordância com a realidade dos alunos e o tema trabalhado. Desenvolver a racionalidade crítica permitiu a participação dos alunos em discussões referentes a problemas do seu entorno, percebendo a relação dos temas discutidos com sua vida e também os problemas do seu cotidiano podem ser resolvidos por meio dos saberes trabalhado em sala de aula. Essas ideias circundam a Alfabetização Científica (AC) que é proposto como objetivo de ensino das disciplinas científicas.

Alfabetizar cientificamente os alunos significa oferecer condições para que possam tomar decisões conscientes sobre problemas de sua vida e da sociedade relacionados a conhecimentos científicos. Mas é preciso esclarecer que a tomada de decisão consciente não é um processo simples, meramente ligado à expressão de opinião: envolve análise crítica de uma situação, o que pode resultar, pensando em Ciências, em um processo de investigação (CARVALHO, 2013, p. 45)

O desenvolvimento das competências e das habilidades por eles propostas deve se dar em processo contínuo durante a formação do estudante (CARVALHO, 2010). Assim, a alfabetização científica promovida em sala de aula como atividade sequencial e constante proporciona espaço, oportunidades e possibilidades para apresentar conceitos científicos aos alunos que possam trabalhar, investigando problemas e construindo relações de seu cotidiano com as novas informações que o trabalho na escola lhe proporciona.

[...] não há expectativa de que os alunos vão pensar ou se comportar como cientistas, pois eles não têm idade, nem conhecimentos específicos nem desenvoltura no uso de ferramentas científicas para tal realização. O que se propõe é muito mais simples – queremos criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, [...] , se alfabetizando cientificamente (CARVALHO, 2013, p. 9)

Assim, as Sequências de Ensino Investigativas (SEI), isto é, sequências de atividades (aulas) que envolvem um tópico do plano de ensino, planejando o material e suas interações didáticas, proporcionando aos alunos trazerem seus conhecimentos prévios e iniciarem os novos, valorizando suas ideias discutindo-as com seus colegas e o professor passando dos conhecimentos espontâneos ao científico, compreendendo conhecimentos já estruturados por gerações anteriores. As atividades investigativas podem ser implementadas em sala de aula, começando “por um problema, experimental ou teórico, contextualizado que introduz os alunos no tópico desejado” (CARVALHO, 2019, p. 9) oferecendo condições para pensarem e trabalharem com as variáveis importantes do fenômeno científico central do conteúdo programático.

### 1.3 A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA (SEI)

O ensino envolvendo atividades por investigação no Brasil é abordada a partir dos Parâmetros Curriculares Nacionais (1998) e ganha mais lugar nos currículos pelos “objetivos de levar os estudantes a realizarem investigações e de desenvolverem entre eles um entendimento sobre o que seja a investigação científica” (SASSERON, 2015, p. 58).

Assim, o desenvolvimento de ideias que possam culminar em leis e teorias e construção de modelos, são condições oferecidas pela investigação em sala de aula, no qual toma-se o ensino por investigação como associado ao trabalho do professor e não apenas a uma estratégia específica. Nesse contexto, o ensino por investigação configura-se como uma abordagem didática, podendo, portanto, estar vinculado a qualquer recurso de ensino desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor (SASSERON, 2015).

As autoras Carvalho e Sasseron (2010) e seus colaboradores iniciaram o trabalho de desenvolvimento da Sequência de Ensino Investigativa com objetivo central de permitir que a investigação em sala de aula passasse a fazer parte de um processo maior, uma vez que, anteriormente, serviam apenas como elemento motivador ou demonstrativo, sem que existisse a preocupação que pudessem figurar como uma ferramenta auxiliar de aprendizagem.

No trabalho “O Uno e o diverso na educação”, publicado em 2011, Carvalho discorre sobre pontos importantes para formular uma SEI, que são: a importância de um problema para um início da construção do conhecimento; a ação manipulativa para a ação intelectual; a importância da tomada de consciência de seus atos para a construção do conhecimento e as diferentes etapas das explicações científicas.

Esse é um ponto fundamental que retiramos das leituras dos trabalhos piagetianos: sempre eram propostas questões para que o indivíduo organizasse seu pensamento. Esse ponto – a importância do problema como gênese da construção do conhecimento - também está presente nos trabalhos de Bachelard (1938), quando ele propõe que “todo conhecimento é a resposta em questão (CARVALHO, 2011, p. 255).

Para a autora, o problema é considerado o gênese da construção do conhecimento, para respondê-lo é preciso todo conhecimento adquirido e a oportunidade de elaborar a passagem de ação manipulativa para a ação intelectual construindo “novas hipóteses e vice-versa, isto é, da ação intelectual para a construção de novas hipóteses que levarão a uma ação manipulativa mais diferenciada” (CARVALHO, 2011, p. 256).

No planejamento dessas atividades, o problema é o material didático que dará suporte para resolvê-las pois ambos devem ser organizados ao mesmo tempo, uma vez que, um depende do outro (CARVALHO, 2017).

É claro, por exemplo, que na escola cabe aos alunos o papel de aprendizes e ao professor, o dever de instruir. Técnicas, métodos, atividades, práticas são todos realizados na expectativa de que a instrução possa gerar aprendizagem. Ao mesmo tempo, técnicas, métodos, atividades e práticas buscam avaliar os resultados obtidos pela interação realizada (SASSERON, 2015, p. 54).

Cabe ao professor propor questões que levem os alunos à tomada de consciência de como agiram para resolver o problema, com discussões até chegar às explicações do fenômeno estudado tornando-se um agente ativo no processo de conceitualização do conteúdo. É muito importante a ajuda do professor nessa comunicação. É ele quem garantirá que os termos usados na linguagem coloquial para entendimento do aluno precisam ser trabalhados para uma linguagem científica e que eles possam perceber a oportunidade de expressar essa linguagem científica também em fórmulas matemáticas.

As atividades investigativas proporcionam aos alunos a prática de discussão sobre o que está se investigando. A valorização da construção social do conhecimento, que se reflete na argumentação entre os alunos (CARVALHO, 2014) e, o planejamento



destas poderão levá-los a ultrapassar as concepções espontâneas. O mais importante no planejamento é a interação, nesse processo acontecerá a oportunidade de manifestar seu esquema formado anteriormente sobre o assunto por meio da argumentação e reformulação se caso necessário.

Para organizar uma sequência investigativa, CARVALHO (2014) propõe atividades nas quais a principal diretriz é o grau de liberdade dado ao aluno, como: como textos históricos, experiências de demonstrações investigativas, laboratório aberto, aulas de sistematização ou textos de apoio, questões e problemas abertos e recursos tecnológicos.

### **1.3.1 Textos históricos**

Com textos históricos busca-se desmistificar a imagem do cientista masculino e isolado de um contexto social e histórico, e a própria ciência que é apresentada neutra às questões sociais, tecnológicas e ambientais sem se relacionar com o cotidiano. A História da Ciência pode ser uma maneira de se criar visões mais contextualizadas sobre o que é trabalho científico e se combater as visões inadequadas que se apresentam sobre este conhecimento (CARVALHO, 2014).

É importante que o professor esteja a par do desenvolvimento e da evolução da ciência, como seus obstáculos e dificuldades, compreendem a complexidade de seus alunos entenderem conceitos ensinados e, a partir disso, adotar estratégias que promovam o desenvolvimento de habilidades que envolvam três componentes para centralizar a aprendizagem, a saber: a tarefa, o trabalho em grupo e o compartilhamento das ideias.

### **1.3.2 Demonstração investigativa**

A demonstração investigativa trata-se da investigação de um fenômeno em que o professor apresenta enquanto os alunos observam para refletir o que está vendo e com isso buscarem a explicação no modelo teórico.

A demonstraçãoilInvestigativa deve apresentar não só o fenômeno em si, mas criar oportunidade para a construção científica de um dado conceito ligado a esse fenômeno (CARVALHO, 2014) e, para isso, o professor desmonta o papel de detentor do saber e torna-se um orientador em sala de aula planejando a demonstração investigativa na busca de uma questão problematizadora.

A mudança de postura tradicional propicia ao professor a compreensão como se constrói o conhecimento de seus alunos, e o aluno, por sua vez, sai da posição passiva e passa a interagir com a construção de suas atitudes e o desenvolvimento de habilidades ao fazer hipóteses e defendê-las perante o grupo da sala de aula utilizando a teoria aprendida como justificativa de suas ideias.

O professor propõe um problema à classe e a partir de questões feitas aos alunos pode entender se é intuitivo ou senso comum o pensamento que possuem sobre o assunto.

Após as discussões e reflexões, é a vez do professor formalizar as explicações dadas ao fenômeno, preocupando-se em enfatizar como a ciência o descreve e, algumas vezes, quando necessário, chegando às representações matemáticas que o expressam (CARVALHO, 2014). Assim, o papel do professor será de construir com os alunos essa passagem do saber cotidiano para o saber científico, por meio do questionamento sobre o fenômeno através da investigação.

### **1.3.3 Questões abertas**

Diferentes dos exercícios dados ao final da explicação de um conteúdo as questões abertas são atividades que propõem ao aluno uma atitude ativa e autoral, para elaborar raciocínios apresentando respostas pela verbalização e pela escrita, trocando e justificando suas ideias. “São questões em que procuramos propor aos alunos fatos relacionados ao seu dia a dia” (CARVALHO, 2014, p. 89), situações que permitem sua participação que, além de desenvolver sua habilidade reflexiva, estrutura o seu pensamento na linguagem científica discutida e construída anteriormente.

Durante a realização da atividade o professor deve ficar sempre atento às respostas dos alunos, incluindo no processo as que estão erradas questionando para que o aluno perceba que sua participação é valorizada e que vai ao encontro de uma resposta desejada. Carvalho (2014) apresenta três modos que elas podem ser aplicadas: em grupo grande; em dupla ou em grupos pequenos de três ou quatro alunos; em prova e avaliações. A autora também menciona os alunos ou grupos de alunos que não se interessam em responder e assim precisam da cobrança do professor para não se perderem na atividade proposta. Além disso, segundo a autora é interessante também a retomada das questões na aula seguinte até como forma de recuperação contínua para os que não conseguiram responder prontamente.

#### **1.3.4 Problemas abertos**

O problema aberto é um tipo de atividade de lápis e papel; por isso, pode ser comparado aos exercícios que os alunos comumente resolvem em sala de aula (SASSERON, 2017). A diferença está no enunciado da proposta, pois o que determina o desempenho dos alunos são as ações para encontrar resultado.

A resolução de um exercício tradicional é obtida de forma imediata e automática, pois o “enunciado traz informações e dados muito bem descritos, de modo que a interpretação direta do texto” (SASSERON, 2017, p. 69) indica as ações para obter a resposta esperada que geralmente é única e de conferência exata.

O problema aberto, o próprio nome sugere, apresenta uma situação problemática aberta, como dados e informações não são oferecidos, o processo de resolução é definido pelas condições de contorno e análise para estabelecimentos de propostas iniciais. A variedade de respostas e a validade delas devem ser sujeitas à investigação.

A resolução de problemas abertos é uma atividade que demanda tempo. Pensando nisso Carvalho (2014, p. 104) lista diversos pontos que podem nos ajudar:

- I. Considerar uma situação problemática de interesse de seus conhecimentos prévios e mais positiva em relação à Ciência/Tecnologia/Sociedade.
- II. Abordar e definir o problema evidenciando o que se considera importante para começar por um estudo qualitativo da situação.
- III. Emitir hipóteses fundadas sobre os fatores dos quais pode depender a grandeza buscada.
- IV. Elaborar e explicar possíveis estratégias de resolução, antes de proceder a esta, evitando o puro ensaio e erro.
- V. Realizar a resolução verbalizando ao máximo, fundamentando o que se faz.
- VI. Analisar os resultados à luz das hipóteses elaboradas e, em particular, dos casos limites considerados.
- VII. Considerar as perspectivas abertas pela investigação realizada.
- VIII. Elaborar um registro que explique o processo de resolução.

Assim, o objetivo é promover o interesse do aluno pela situação problema que envolve Ciência/Tecnologia/sociedade onde os alunos vão enfrentar primeiro de uma forma qualitativa, buscando elaborar hipóteses, identificar situações de contorno e limites de suas hipóteses (CARVALHO, 2014). A ausência de números<sup>34</sup> desenvolverá a criatividade e a ordem de pensamento do aluno, quando ele verbalizar as estratégias de resolução por argumentações fundamentadas. A resolução se dá, analisando os resultados obtidos no confronto de hipóteses com as condições de contorno estudadas.

O registro de todo o processo é importante para a apropriação do conhecimento. A função do professor durante a discussão é conduzir o raciocínio dos alunos, fazê-los pensar e avaliar as diferentes situações (CARVALHO, 2014).

### **1.3.5 Laboratório aberto**

Nas aulas em um laboratório tradicional geralmente os alunos seguem um roteiro sem a tomada de decisão relacionando qualquer resultado diferente do esperado como fracasso. Borges (2002) cita a pouca efetividade do laboratório tradicional nas mudanças das concepções espontâneas dos alunos, por exemplo, em alguns laboratórios podemos encontrar equipamentos muito longe da realidade dos alunos,

resumindo-se a excessivas observações causando prejuízos à imaginação e ao conhecimento prévio. Assim, o laboratório tradicional faz com que professores e alunos fiquem com a falsa impressão que as atividades práticas se assemelham as atividades experimentais feitas por cientistas num laboratório de pesquisa

[...] O cientista passou anos de sua vida estudando uma determinada área da ciência e quando se prepara para realizar um experimento ou conjunto de experimentos, ele o faz para resolver um problema que o interessa, e para o qual pode estar buscando uma solução há muito tempo (Borges, 2002, p. 297)

Por outro lado, o laboratório aberto propõe uma investigação experimental, em grupo, na qual pretende-se resolver um problema. O objetivo do laboratório aberto é relacionar a estrutura matemática com as variáveis encontradas.

Os níveis de investigação no laboratório de ciências proposto por Borges (2002, p. 306) para relacionar o problema e procedimentos às conclusões tiradas a partir dos resultados são dados no Quadro 1.

Quadro 5 - Níveis de investigação no laboratório de ciências proposto por Borges.

NÍVEL DE INVESTIGAÇÃO	PROBLEMA	PROCEDIMENTOS	CONCLUSÕES
0	Dado	Dados	Dadas
1	Dado	Dados	Em aberto
2	Dado	Em aberto	Em aberto
3	Em aberto	Em aberto	Em aberto

Fonte: BORGES (2002, p. 306).

No nível 0, considerado o laboratório fechado onde é entregue um roteiro com o enunciado, procedimentos “e aquilo que se deseja observar/verificar, ficando a cargo dos estudantes coletar dados e confirmar ou não as conclusões” (BORGES, 2002, p. 305). No nível 1, com o roteiro é dado o enunciado e como proceder e cabe ao aluno obter suas próprias conclusões (CARVALHO, 2014). No nível 2 de investigação, que Carvalho (2014) chama de laboratório aberto, um problema é proposto a grupos de alunos que decidem quais procedimentos irão buscar para resolver e obter as conclusões. E o nível 3 se trata do “mais aberto de investigação onde o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões” (BORGES, 2002, p. 305).

Para Borges essas etapas acontecem ao mesmo tempo e de forma recursiva o autor alerta que não esperamos reconhecer nitidamente as etapas e nem progresso e autonomia nos alunos quando estão trabalhando para resolver problemas e desafios.

Quando estamos no laboratório observando os alunos, podemos subdividir o 'procedimento' e as conclusões em etapas menores. Dentro do 'procedimento', podemos observar quando os alunos 'levantam hipóteses', 'elaboram o plano de trabalho', 'montam os arranjos experimentais e coletam os dados'. Para chegar às 'conclusões', os alunos precisam passar pela etapa de análise dos dados' (CARVALHO, 2014, p. 73).

As aulas em um Laboratório Aberto são construídas se o professor oferecer liberdade intelectual nas etapas da aula do laboratório. A primeira etapa: a proposta de um problema experimental é, sem dúvida alguma, a função do professor (CARVALHO, 2014). Na segunda etapa: são os alunos trabalhando em grupo sem interferência do professor. A terceira etapa: os alunos expõem para a classe como resolveram o problema. E a quarta etapa: o aluno individualmente escreve seu relatório. Nessa etapa, é que ele mostra o que entendeu em cada procedimento por meio da linguagem escrita e argumentação na construção do conceito.

### **1.3.6 Sistematização do conhecimento**

Para reforçar o que foi apresentado na demonstração investigativa ou laboratório aberto é interessante o professor sistematizar os conhecimentos construídos por meio de uma aula teórica interativa, organizando o conceito trabalhado no experimento, "fazendo a passagem das relações qualitativas entre as variáveis para a sistematização em uma fórmula" (CARVALHO, 2014, p. 83).

Os alunos precisam de ajuda para a transição dos relatórios de uma experiência para a linguagem matemática e o professor, com o papel de orientador, introduz conceitos físicos e matemáticos, para a tradução da linguagem falada, que expressavam as hipóteses, para a linguagem científica.

Diferente de uma aula dada no ensino tradicional que precisa de um tempo curto para a exposição do conteúdo, no ensino por investigação a sistematização do conhecimento necessita de um tempo maior e ela cria oportunidade para os alunos construírem a compreensão de uma das partes mais difíceis do ensino de Física: a relação entre a Física e a Matemática (CARVALHO, 2014)

#### 1.4 APRECIÇÃO DOS CONHECIMENTOS AO FINALIZAR UMA SEI: AVALIAÇÃO

O acompanhamento do processo de ensino e aprendizagem é necessário e deve ser permanente para perceber progressos, dificuldades e assim “reorientar o trabalho para as correções necessárias” (LIBÂNEO, 1992, p. 195). Os aspectos quantitativos e qualitativos pela coleta de dados, no decorrer do processo tanto para o professor como para os alunos levam a reflexão para o nível de qualidade que se pretende do aproveitamento escolar.

Zabala (1998) ressalta que para muitos a avaliação é uma forma prioritária ou exclusiva para os resultados alcançados pelos alunos, onde os objetivos previstos são como alvos a serem alcançados e a avaliação um instrumento ou processo para sancionar e qualificar em que o sujeito da avaliação é o aluno somente e o objeto da avaliação “são as aprendizagens realizadas segundo certos objetivos mínimos para todos” (ZABALA, 1998, p. 195).

Com isso, diferentes países e grupos de educadores, manifestaram inquietação por meio das reformas educacionais, ao propor estudos sobre a avaliação que vão além de valorizar os resultados obtidos pelos alunos. Aparecendo dimensões no processo avaliativo como progresso pessoal, processo coletivo de ensino/aprendizagem, etc. para definir a avaliação, as vezes equivocada, em que sujeitos e objetos de estudos aparecem confusos e indeterminados. Neste caso, o sujeito da avaliação pode ser o aluno, o grupo ou a sala, inclusive professores. E em contraponto, o objeto de avaliação pode ser o método ou os resultados obtidos, outras vezes a intervenção do professor.

Numa concepção do ensino centrado na seleção dos alunos mais preparados para continuar a escolarização até os estudos universitários, é lógico que o sujeito de avaliação seja o aluno e que se considerem objeto da avaliação as aprendizagens alcançadas em relação às necessidades futuras que foram estabelecidas - as universitárias. Desta forma se dá prioridade a uma clara função sancionadora: qualificar e sancionar desde pequenos aqueles que podem triunfar nesta carreira até a universidade (ZABALA, 1998, p. 197).

Para Zabala (1998) essa não é a função social do ensino e que para a formação integral aconteça se leva em consideração o desenvolvimento de todas as capacidades da pessoa e não apenas a cognitiva, onde a formação integral seja finalidade principal de ensino. Para isso os conteúdos de aprendizagem avaliados trilhados à universidade serão concomitantes aos conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais que também “promovam as capacidades motoras, de equilíbrio e de autonomia pessoal, de relação interpessoal e de inserção social” (ZABALA, 1998, p.197) o que implica outro olhar para a avaliação, que agora não é mais seletiva, e nem consiste em superar suas dificuldades e sim a oportunidade de desenvolver o máximo possível o nível de capacidade do aluno.

A dificuldade não está em conseguir que o máximo de alunos acesse a universidade, mas desenvolver o máximo de suas capacidades principalmente aquelas necessárias para tornarem-se bons profissionais. Nestas condições, as capacidades previstas precisam ser consideradas no que envolvem mudanças na construção da avaliação como: conteúdos, transparência e organização sobre o que foi aprendido; complexo e contrário ao abordado que é estritamente quantitativo. Assim, segundo Zabala devemos levar em consideração as mudanças que “se referem a avaliações e indicadores personalizados que raramente podem se traduzir em notas e qualificações clássicas” (ZABALA, 1998, p. 198)

Avaliar é uma atividade intrínseca e indissociável a qualquer tipo de ação que vise provocar mudanças. Nesse sentido a avaliação é uma atividade constituinte da ação educativa, quer refiramos à avaliação do projeto educativo, avaliação do ensino ou à avaliação da aprendizagem. (DARSIE, 1996, p. 48).

Carvalho (2019) evidencia que as sequências de ensino investigativo são formadas



por ciclos e ressaltar a importância de planejar avaliações ao final de atividades ou de ciclos.

[...] No entanto, não deve ter o caráter de uma avaliação somativa, que visa a classificação dos alunos, mas sim, uma avaliação formativa que seja instrumento para que alunos e professores confirmem se estão ou não aprendendo. (CARVALHO, 2017, p. 18)

As mudanças centradas na formação integral da pessoa como finalidade de ensino para Zabala (1998) implicam nos conteúdos e na avaliação. Na concepção construtivista, o sujeito da avaliação deixa de ser o aluno para ser a equipe envolvida no processo. Neste momento, ela não apenas é análise de resultado e se torna um processo que tem como primeira fase conhecer “o que cada um dos alunos sabe, sabe fazer e é, e o que pode chegar a saber, saber fazer ou ser, e como aprendê-lo” (ZABALA, 1998, p. 200).

A primeira fase é denominada como avaliação inicial e relacionam objetivos e conteúdos de aprendizagem estabelecendo quais atividades favorecem a aprendizagem. A adaptação para as novas necessidades que se apresentam pode denominar avaliação reguladora. Assim, conhecer como cada aluno aprende no decorrer do processo, é o que alguns educadores chamam de avaliação formativa. O termo formativo na proposta é a mudança e a melhora contínua do aluno avaliado. Nesta segunda fase as atividades permitem que cada aluno atinja os objetivos previstos legitimando, assim, as atividades realizadas. A terceira fase é conhecer quais resultados alcançados utilizam os termos avaliação final ou avaliação somativa, Zabala (1998) prefere os termos avaliação final e avaliação somativa ou integradora para diferenciar os resultados obtidos da análise do processo seguido pelo aluno. Assim, podemos entender a avaliação somativa ou integradora como

[...] um informe global do processo que, a partir do conhecimento inicial (avaliação inicial), manifesta a trajetória seguida pelo aluno, as medidas específicas que foram tomadas, o resultado final de todo o processo e, especialmente, a partir deste conhecimento, as previsões sobre o que é necessário continuar fazendo ou o que é necessário fazer de novo. (ZABALA, 1998, P.201)

Darsie (1996) compreende que no projeto educativo a avaliação é como uma ação intencional impulsionando a aprendizagem, um instrumento de reflexão transformada em ação. Então a ação de avaliar precisa de avaliação “para que a mesma possa renovar-se constantemente diante das novas situações de aprendizagem” (DARSIE, 1996, p. 49). Carvalho (2019) também cita avaliação de conceitos e avaliação das atitudes que os alunos exibem durante as atividades da SEI.

Carvalho (2019) afirma que para haver mudança de postura do professor exigida pelo processo relacionado às formas de avaliar a aprendizagem de seus alunos, é essencial que ele preste atenção na sua turma, nas ações e nos resultados acontecidos e obtidos por ela. Para acompanhar o desempenho dos alunos é importante que o professor utilize como instrumento de avaliação suas observações e seus registros.

Como já comentamos, as capacidades definidas nos objetivos educativos são o referencial básico de todo processo de ensino e, portanto, da avaliação. Mas também é preciso ter presente que os conteúdos de aprendizagem, sobretudo no próprio processo de ensino/ aprendizagem, e concretamente em cada uma das atividades ou tarefas que o configuram, são o referencial funcional para avaliar e acompanhar os avanços dos meninos e meninas. (ZABALA, 1998, p. 202)

Os professores, segundo Carvalho (2019), não têm dificuldade na construção de instrumentos para avaliar os conteúdos conceituais que é uma tradição no ensino. Zabala (1998) ao discorrer sobre processo de avaliação afirma que uma escola que utiliza conteúdos conceituais, em especial os factuais, para valorizar o conhecimento, em geral restringe os instrumentos avaliativos às provas de papel e lápis. Ou seja, o professor deve buscar uma forma bem diferente para obter os resultados, quando se trata de conteúdos conceituais ou procedimentais, e a maior dificuldade é quando os conteúdos atitudinais são avaliados. Por isso, Carvalho (2019) ao propor avaliações na SEI com foco na aprendizagem conceitual cita o planejamento das formas de questionar, construir painéis, cruzadinhas. Nessas atividades também poderão ser avaliadas os conteúdos procedimentais e atitudinais. A criatividade do professor nas atividades para torná-las interessante é importante,

pois “os alunos nem sempre vão perceber que são avaliados” (CARVALHO, 2019, p. 18) e uma avaliação mais tradicional pode acontecer ao final de uma SEI com a organização de um questionário com assuntos importantes que foram desenvolvidos.

Na atividade de papel e lápis podemos conhecer o saber do aluno, expresso por escrito, sejam os factuais ou os conceituais dentro de suas capacidades cognitivas (ZABALA, 1998). A superação dessas dificuldades tem por finalidade aprender conceitos e construir modelos envolvendo os conteúdos conceituais (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009). Como os conteúdos procedimentais e atitudinais não são comuns nas atividades escolares, eles ganham importância nas avaliações da SEI, pois são componentes do ensino de Ciências por investigação sendo destacados pelos alunos para os professores (CARVALHO, 2019).

Para desenvolver habilidades cognitivas e de raciocínio científico, bem como habilidades experimentais e de resolução de problemas, os conteúdos procedimentais devem ser relevantes para o ensino de ciências para tornar nossos alunos participativos em seus processos de construção do conhecimento científico. É claro que devemos observar o tempo do aluno, que envolve “superar limitações específicas no aprendizado tanto de técnicas ou destrezas como, principalmente, de estratégias de pensamento e aprendizagem” (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009, p. 28).

“Os conteúdos procedimentais implicam saber fazer, e o conhecimento sobre o domínio deste saber fazer só pode ser verificado em situações de aplicação destes conteúdos” (ZABALA, 1998, p. 207). Compreender o processo em passos e fases que configuram o conteúdo procedimental e sua aprendizagem não é definido pelo conhecimento que sabe, mas como o transfere para a prática.

Assim, para manifestar o uso correto da língua é essencial as competências

linguísticas, nesses casos a competência na ação, ou seja, o saber fazer. Desta forma, o professor pode identificar na realização das atividades o grau de domínio de seus alunos ao dialogarem, debaterem, e cumprirem uma pesquisa, etc.

Para Mortimer (2002) é muito difícil para o professor mudar sua prática de sala de aula mantendo os mesmos instrumentos avaliativos. Mortimer cita que podemos notar a mudança na prática do professor quando ele passa a usar “estratégias de ensino em que os alunos trabalham em grupos, outras em que os alunos apresentam as conclusões do trabalho em grupo, expõem ideias e argumentam para toda a turma, etc.” (MORTIMER, 2002, p. 31).

Desenvolver atitudes e valores exige dos conteúdos atitudinais o reconhecimento como essencial no ensino das ciências, promovendo normas para regular as atitudes e os valores permitindo a apropriação dessas formas de comportamento pelos alunos e uma aproximação do conhecimento (POZO; GÓMEZ-CRESPO, 2009). “A natureza dos conteúdos atitudinais, seus componentes cognitivos, condutuais e afetivos fazem com que seja consideravelmente complexo determinar o grau de aprendizagem de cada aluno” (ZABALA, 1998, p. 208). Assim, para a avaliação das aprendizagens conceituais e procedimentais é difícil caracterizar a competência do aluno pela sua individualidade, por isso não encontramos dois professores com a mesma interpretação quanto a esse nível de competência, na aprendizagem atitudinal esse nível de insegurança fica notável pelas posições ideológicas de cada professor.

Ao mesmo tempo, nos encontramos diante de uma tradição escolar que tendeu formalmente a menosprezar estes conteúdos e que reduziu a avaliação a uma função sancionadora, expressada quantitativamente, fato que provocou a ilusão de se acreditar no rigor de suas afirmações porque são matematizáveis. Esta necessidade de quantificação, juntamente com a falta de experiências e trabalhos neste campo, faz com que, muitas vezes, se questione a necessidade de avaliar os conteúdos atitudinais pela impossibilidade de estabelecer avaliações tão "exatas" como no caso de outros tipos de conteúdo. (ZABALA, 1998, p. 208)

Carvalho (2017) exemplifica os conteúdos procedimentais e atitudinais

Quando na etapa da resolução do problema em pequenos grupos, deve-se observar os alunos: se estes colaboram entre si na busca de solução do problema, se apresentam comportamento que indica uma aprendizagem atitudinal e se eles discutem buscando ideias que servirão de hipóteses e as testam – isso indica uma aprendizagem processual do grupo. É preciso verificar quem não participa nem em termos de atitudes nem em termos de processo. Essa avaliação deve ser feita sempre que os grupos trabalharem. É esse o papel do professor nessa etapa da aula (CARVALHO, 2017, p. 19).

Para Carvalho (2004), o professor precisa apoderar-se de um novo gênero discursivo e fazer com que seus alunos aprendam a argumentar e encontrar suporte nas suas afirmações, criando um ambiente adequado para os alunos refletirem sobre seus pensamentos, “aprendendo a reformulá-los por meio da contribuição dos colegas, mediando conflitos pelo diálogo e tomando decisões coletivas” (CARVALHO, 2004, p. 9).

Para Carvalho (2019), numa discussão aberta, esperar a vez de falar e respeitar a fala do colega são comportamentos que indicam aprendizagem atitudinal. Além disso, explicar o fenômeno observado e relatar as ações observadas são comportamentos relacionados ao domínio procedimental.

No trabalho escrito dos alunos constata-se a aprendizagem atitudinal quando eles escrevem os verbos de ação no plural mostrando respeito pelo trabalho realizado em grupo, e a aprendizagem procedimental e evidenciada quando relatam, por meio do texto e/ou desenho, a sequência das ações realizadas e as relações existentes entre ações e o fenômeno investigado (CARVALHO, 2017, p. 19).

Algumas etapas da SEI, como a leitura de texto, levam a resolução de problemas porque foram organizados para contextualizar e/ou aprofundar os conhecimentos destacados na sequência. Nessa atividade o professor pode estabelecer critérios para avaliar se o aluno seleciona as informações pertinentes no texto, uma vez que, a leitura está relacionada a momentos das atividades experimentais vivenciadas anteriormente. Assim, a partir do trabalho em sala de aula o professor classifica a aprendizagem em conceitual, processual ou atitudinal. Por exemplo, se aconteceu de forma individual e por escrito, podemos classificar esse objetivo como conceitual, mesmo que a atividade tenha sido debatida em sala de aula.

Assim, durante a discussão dos conceitos vão surgir atitudes e procedimentos a serem avaliados pelo professor (CARVALHO, 2019).

Outras atividades que apresentam critérios de avaliação atitudinal e procedimental são trabalhos com figuras, construção de painel ou observar vídeos da internet. Assim, pensar uma avaliação formativa no decorrer de uma SEI proporciona aos alunos uma autoavaliação, “cabendo ao professor orientá-los no reconhecimento de seus avanços e nas conquistas que, ainda, precisam ser alcançadas” (CARVALHO, 2019, p. 20).

## 2 A SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA

Neste capítulo delineamos um conjunto de atividades investigativas que fazem parte do nosso repertório para ensinar conceitos de magnetismo de uma forma que privilegie a participação e a autonomia dos educandos.

Consideramos que essa sequência de atividades, com as devidas adaptações, pode ser utilizada em outros ambientes escolares.

### 2.1 AULA 1: APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE INTERVENÇÃO

Iniciamos essa atividade com a exposição da proposta de trabalho e com a entrega do termo de livre consentimento. Na sequência, para integrarmos nossos estudantes ao uso do método investigativo utilizamos o restante da aula para apresentar a proposta de trabalho.

A Sequência de Ensino Investigativa foi planejada para 9 encontros que podem ser aplicadas em 12 aulas de 50 minutos (ver Quadro 2).

Quadro 6 - Resumo da Sequência de Ensino Investigativa.

(Continua)

ETAPA	TEMPO DE AULA (MIN)	ATIVIDADE	OBJETIVOS DA ATIVIDADE
1	50	Apresentação da proposta	Apresentar a proposta educacional e Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)
2	50	Investigando o conhecimento	Aplicar questionário inicial para verificação dos conhecimentos prévios dos educandos. Promover a leitura.
3	100	Leitura de Texto	Apresentar os conceitos físicos com uma linguagem formal. Promover o debate. Avaliar o ganho conceitual por meio da Tarefa de Leitura.
4	50	Demonstração investigativa	Apresentar o problema relacionado ao tema linhas de campo magnético. Despertar o interesse para o estudo de linhas de campo magnético. Estimular as atividades em grupos. Elaborar hipóteses. Promover o debate.

			Avaliar o ganho conceitual.
5	100	Questões abertas	Desenvolver a capacidade de reflexão e organização. Estimular o uso da linguagem científica. Promover o debate. Avaliar o ganho conceitual.
6	100	Problemas abertos	Relacionar conceitos físicos com a linguagem matemática. Promover o debate. Avaliar o ganho conceitual. Solucionar problemas. Levantar hipóteses.
7	100	Laboratório aberto	Elaborar um plano de trabalho. Montar o experimento. Coletar e analisar os dados. Promover o debate. Avaliar o ganho conceitual, procedimental e atitudinal.
8	40	Avaliação	Avaliar o ganho conceitual, procedimental e atitudinal.
9	10	Questionário de opinião	Avaliar a sequência de ensino investigativa.

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

No Quadro 2 listamos as atividades investigativas que propomos para a intervenção didática e, além disso, explicitamos os objetivos de cada etapa. Aqui, vale a pena lembrar que, para que a sequência atinja seu objetivo final é necessário que as aulas tenham as características essenciais de uma atividade investigativa.

## 2.2 AULA 2: INVESTIGANDO CONHECIMENTOS PRÉVIOS

Como primeira etapa da SEI o Questionário Prévio tem como objetivo identificar os saberes dos aprendizes sobre magnetismo por meio da avaliação diagnóstica. Nessa avaliação colocamos questões sobre os conteúdos trabalhados na Sequência Investigativa.



Abaixo segue o questionário pré-teste:

- 1) (UFB) Pares de ímãs em forma de barra são dispostos conforme indicam as figuras a seguir:



A letra N indica o polo Norte e o S o polo Sul de cada uma das barras. Entre os ímãs de cada um dos pares anteriores (a), (b) e (c) ocorrerão, respectivamente, forças de:

- a) atração, repulsão, repulsão;
- b) atração, atração, repulsão;
- c) atração, repulsão, atração;
- d) repulsão, repulsão, atração;
- e) repulsão, atração, atração.

**Resposta: A — lembrar de que polos de mesmo nome se repelem e de nomes opostos se atraem.**

- 2) (UFB) Tem-se três barras, AB, CD, EF, aparentemente idênticas. Experimentalmente constata-se que:

- I – a extremidade A atrai a extremidade D;
- II – A atrai a extremidade C;
- III – D repele a extremidade E;

Então:

- a) AB, CD e EF são ímãs.
- b) AB é ímã, CD e EF são de ferro.
- c) AB é de ferro, CD e EF são ímãs.
- d) AB e CD são de ferro, EF é ímã.
- e) CD é ímã, AB e EF são de ferro.

**R: C — lembrar de que ímã atrai ferro independente da polaridade e que polos de mesmo nome se repelem e de nomes opostos se atraem.**

3) (ITA) Um pedaço de ferro é posto nas proximidades de um ímã, conforme o esquema abaixo.



Qual é a única afirmação correta relativa à situação em apreço?

- a) é o ímã que atrai o ferro
- b) é o ferro que atrai o ímã
- c) a atração do ferro pelo ímã é mais intensa do que a atração do ímã pelo ferro
- d) a atração do ímã pelo ferro é mais intensa do que a atração do ferro pelo ímã
- e) a atração do ferro pelo ímã é igual à atração do ímã pelo ferro

**R: E — As forças magnéticas obedecem ao princípio da ação e reação (tem sempre mesma intensidade, mesma direção mas sentidos contrários) e surgem sempre aos pares.**

4) (UFPA) Para ser atraído por um ímã, um parafuso precisa ser:

- a) mais pesado que o ímã
- b) mais leve que o ímã
- c) de latão e cobre
- d) imantado pela aproximação do ímã
- e) formando por uma liga de cobre e zinco

**R: D –**

- 5) (UFPA) A Terra é considerada um imã gigantesco, que tem as seguintes características:



- a) O polo Norte geográfico está exatamente sobre o polo sul magnético, e o Sul geográfico está na mesma posição que o norte magnético.
- b) O polo Norte geográfico está exatamente sobre o polo norte magnético, e o Sul geográfico está na mesma posição que o sul magnético.
- c) O polo norte magnético está próximo do polo Sul geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo Norte geográfico.
- d) O polo norte magnético está próximo do polo Norte geográfico, e o polo sul magnético está próximo do polo Sul geográfico.
- e) O polo Norte geográfico está defasado de um ângulo de  $45^\circ$  do polo sul magnético, e o polo Sul geográfico está defasado de  $45^\circ$  do polo norte magnético.

**R: C –**

- 6) (UFRGS) A figura mostra um pedaço de ferro nas proximidades de um dos polos de um imã permanente.



Selecione a alternativa que completa corretamente as lacunas nas seguintes afirmações sobre essa situação.

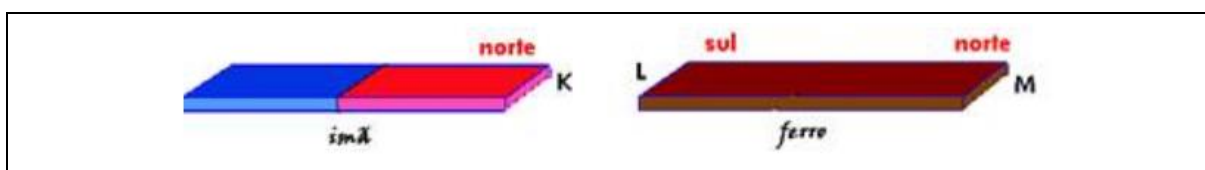
A extremidade L do pedaço de ferro é ..... pelo polo K do imã.

Chamando o polo sul do imã de S e o norte de N, uma possível distribuição dos polos nas extremidades K, L e M é, respectivamente,

- a) atraída – N, N e S
- b) atraída – N, S e N
- c) repelida – N, S e N
- d) repelida – S, S e N
- e) repelida – S, N e S

**R: B - A extremidade L do pedaço de ferro é atraída pelo polo K do ímã (ímã atrai ferro independente da polaridade) - uma das possibilidades é a da figura abaixo.**

Tabela 3 - Resposta da questão 7.



Fonte: Elaborado pelo autora (2021)

7) (FGV-SP) Da palavra 'aimant', que traduzido do francês significa amante, originou-se o nome ímã, devido à capacidade que esses objetos têm de exercer atração e repulsão. Sobre essas manifestações, considere as proposições:

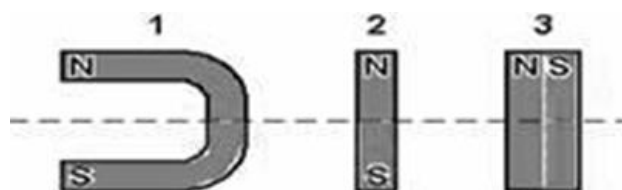
- I. assim como há ímãs que possuem os dois tipos de polos, sul e norte, há ímãs que possuem apenas um.
- II. o campo magnético terrestre diverge dos outros campos, uma vez que o polo norte magnético de uma bússola é atraído pelo polo norte magnético do planeta.
- III. os pedaços obtidos da divisão de um ímã são também ímãs que apresentam os dois polos magnéticos, independentemente do tamanho dos pedaços.

Está correto o contido em

- a) I, apenas.
- b) III, apenas.
- c) I e II, apenas.
- d) II e III, apenas.
- e) I, II e III.

**R: B – Ainda não foi descoberto ímã monopolo e polos magnéticos da bússola e da Terra serem iguais se repelem, e quantos pedaços se obter da divisão de um ímã teremos outros ímãs.**

- 8) (FGV-SP) Os ímãs 1, 2 e 3 foram cuidadosamente seccionados em dois pedaços simétricos, nas regiões indicadas pela linha tracejada.



Analise as afirmações referentes às consequências da divisão dos ímãs:

- I. todos os pedaços obtidos desses ímãs serão também ímãs, independentemente do plano de secção utilizado;
- II. os pedaços respectivos dos ímãs 2 e 3 poderão se juntar espontaneamente nos locais da separação, retomando a aparência original de cada ímã;
- III. na secção dos ímãs 1 e 2, os polos magnéticos ficarão separados mantendo cada fragmento um único polo magnético.

Está correto o contido apenas em

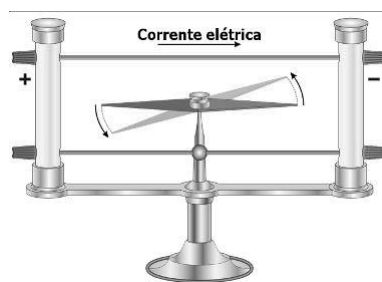
- a) I.            b) III.            c) I e II.            d) I e III.            e) II e III.

**R: A –**

- 9) Sobre as propriedades do campo magnético, assinale a alternativa falsa.

- a) As linhas de indução magnética emergem do polo norte magnético e adentram o polo sul magnético.
- b) As linhas de indução magnética são sempre abertas.
- c) A concentração de linhas de indução magnética está relacionada com a intensidade do campo magnético na região.
- d) Não é possível separar, em nenhuma ocasião, os polos norte e sul magnéticos.

- 10) Hans Oersted foi um físico dinamarquês que mostrou que cargas elétricas em movimento podem gerar campos magnéticos. A descoberta de Oersted mostrou que o magnetismo e a eletricidade não são fenômenos distintos, mas que um pode gerar o outro. A partir dessa descoberta, iniciaram-se os estudos do eletromagnetismo.



A figura acima mostra uma bússola sofrendo deflexões (desvio da posição natural para o lado) por causa dos campos magnéticos gerados pela passagem das correntes elétricas nos fios retilíneos. Observando o sentido da corrente CC (corrente contínua) indicado na figura, como se comporta a agulha da bússola enquanto estiver passando corrente:

- a) se posiciona paralelamente ao fio retilíneo.
- b) faz um ângulo agudo com relação ao fio retilíneo.
- c) Gira sem parar para um lado somente.
- d) se movimenta hora para um lado, hora para outro lado.
- e) faz pequenos movimentos e não chega a girar.

11) Segundo a experiência de Oersted, conclui-se que toda corrente elétrica gera ao redor de si um campo magnético. Com isso, pode-se afirmar que as linhas do campo magnético, originadas por um condutor reto percorrido por uma corrente elétrica constante, são:

- a) linhas retas entrando no condutor.
- b) linhas paralelas ao condutor.
- c) circunferências concêntricas ao condutor, situadas em planos paralelos ao condutor.
- d) circunferências concêntricas ao condutor, situadas em planos perpendiculares ao condutor.
- e) linhas retas saindo do condutor.

12) Sobre o campo magnético, é correto afirmar:

- a) somente é gerado por um ímã.
- b) é maior quando gerado pelo polo sul do ímã.
- c) é maior quando gerado pelo polo norte do ímã.
- d) pode ser gerado por uma corrente elétrica.
- e) é menor nas extremidades de um ímã.

## 2.3 AULA 3: TEXTOS DE APOIO

Iniciamos essa aula com a entrega de dois textos de apoio e após a leitura fizemos a discussão sobre o tema. Na sequência, os alunos responderam a 8 perguntas baseadas nos textos.

### 2.3.1 Leitura de Texto

A etapa Leitura de Texto tem como objetivo interpretar o texto sobre introdução à história do magnetismo com conceito, características, propriedades, processos de imantação, classificação dos materiais de acordo com o comportamento magnético e Construção da bússola.

Iniciamos a aula dividindo a sala em grupos de 4 alunos para a leitura e discussão do texto. O objetivo principal é que os alunos percebam que o ímã é encontrado com as propriedades de atração e repulsão, e é conhecido há muitos anos. Além disso, esperamos que os educandos aprendam a cronologia dos fatos em torno do nome que damos hoje ao magnetismo, bem como as características dos polos e suas propriedades.

Um outro ponto de vale mencionar é que, a partir da leitura dos textos os alunos irão conhecer alguns cientistas que trabalharam em experiências expostas em tratados e livros onde foram registradas a ciência que estuda as propriedades do magnetismo. Esses estudos denominaram os polos do ímã como polos “norte” e “sul” e explicaram suas propriedades de atração e repulsão chegando até a visão microscópica.

O texto 1, por exemplo, mostra a classificação dos materiais de acordo com a capacidade de adquirir propriedades magnéticas pelo processo de imantação. No mesmo texto temos a bússola como uma conquista da humanidade que teve um papel fundamental nas navegações marítimas.

Por fim, o texto apresenta a classificação dos materiais magnéticos, onde podemos entender que alguns desses adquirem propriedades temporárias ou permanentes dependendo da sua estrutura interna.

### **Texto 1 - A descoberta do magnetismo**

A descoberta do fenômeno do magnetismo, segundo algumas pesquisas, ocorreu devido a algumas observações: os gregos, em Magnésia, cidade da Ásia, perceberam que na região existia um certo tipo de pedra que era capaz de atrair pedaços de ferro; outra provável origem é a do nome do pastor grego que se chamava Magnes que teve uma surpresa ao notar que a ponta de ferro de seu cajado e os pregos de suas sandálias eram atraídos por certas pedras da região do seu pastoreio, que ficava na Tessália. Estas pedras, conhecidas como Magnésia, passaram a ser conhecidas como magnetita. Já os chineses a chamavam de “pedra amante” e isto deu origem à palavra “aimant”, em francês, chegando à palavra ímã como a conhecemos hoje.

Figura 1 - Pintura surrealista do artista polonês Tomaz Alen Kopera lembrando que por algum tempo, os ímãs eram chamados de “pedras amantes” por atraírem uns aos outros.



Fonte: Pietrocola (2016).

Ao longo da história, foram encontrados relatos antigos em manuscritos gregos sobre o poder dessa pedra, considerado sobrenatural, que atraía sucessíveis anéis de ferro sem nenhuma explicação visível, descrito assim por Sócrates:



Há uma divindade contida na pedra que produz os movimentos que Eurípedes chama de ímã [...] Essa pedra não somente atrai anéis de ferro, mas também dá a eles um poder similar de atrair outros anéis [...] e o poder de suspensão de cada um deles deriva da pedra. De modo similar, uma Musa primeiro inspira ela própria alguns homens, e a partir deles uma série de outras pessoas são suspensas, adquirem a inspiração.

In: TAYLOR, Lloyd W. *Physics*. The pioneer science Light, electricity. New York: Dover Publications, 1941. v. 11, p. 578.

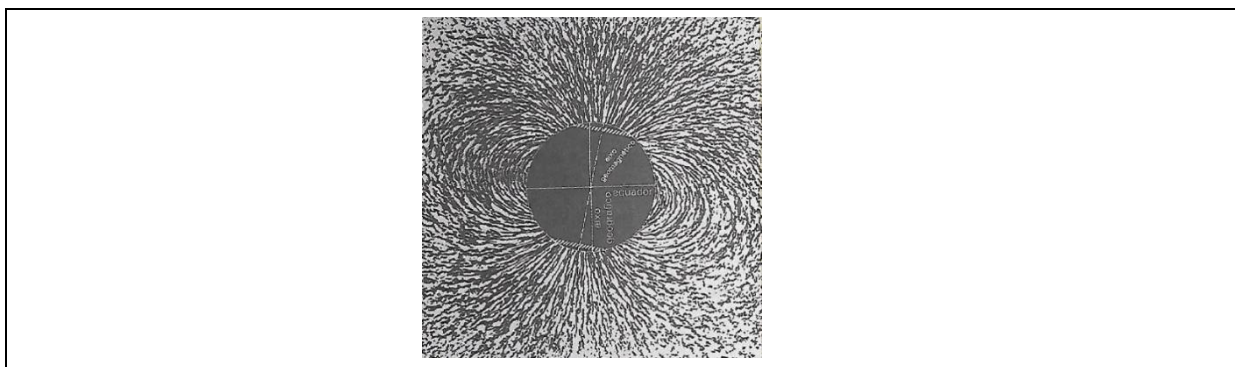
(Tradução dos autores)

Os ímãs, atualmente, reconhecidos quimicamente como  $Fe_3O_4$  descobertos na cidade de Magnésia de onde advém o termo “magnetismo” que é a parte da física que estuda os fenômenos magnéticos, que estão presentes em nosso cotidiano, de forma evidente, nos ímãs de geladeira, no uso de bússolas, ou de forma um pouco menos evidente no funcionamento de aparelhos alto-falantes, televisões, telefones celulares, entre outros.

Numa primeira tentativa experimental, Pierre Pélerin de Maricourt, conhecido como Petrus Peregrinus, em 1269, escreveu um tratado de física experimental, em busca da compreensão do magnetismo, descrevendo experiências com uma pedra-ímã (magnetita) em forma de esfera, colocando pequenos ímãs em volta, traçando as linhas de campo magnético que concentravam-se em dois pontos opostos da esfera – os quais chamou de polos – orientados espontaneamente um para o Norte e o outro para o Sul da Terra. Mais tarde, estes polos foram chamados de polos magnéticos, em analogia aos polos geográficos da Terra.

O livro *De Magnete* foi o primeiro estudo do magnetismo considerado importante pela realização de muitas experiências sobre o assunto. Escrito de maneira sistemática, pelo inglês Willian Gilberti, médico da rainha Elizabeth I, foi publicado em 1600 e descreve certas propriedades dos ímãs como seu poder de atração e repulsão.

Figura 2 - Modelo do campo magnético da Terra estabelecida por uma esfera magnetizada.



Fonte: Máximo; Alvarenga (2000).

Com o polo norte (N) e o polo sul (S), os ímãs interagem entre si de forma que polos opostos se atraem e os polos iguais se repelem. Num ímã, um polo não aparece isolado, e se forem partidos os novos pedaços terão seus próprios polos norte e sul.

Os termos imantação ou magnetização são utilizados como forma de dizer que um corpo adquiriu propriedades temporárias ou permanentes de um ímã. Esse fenômeno acontece por meio de alguns processos, tais como: atrito, indução ou corrente elétrica. Com uma lista muito grande, muitos desses corpos têm ferro em sua composição.

Uma agulha imantada que gira livremente ao redor de um eixo, alinha-se na mesma direção dos polos geográficos e, por isso, é utilizada por viajantes e navegadores

como instrumento de orientação. A nossa conhecida bússola era usada pelos chineses no século XII e pelos ocidentais um século depois, sendo considerada muito importante para o desenvolvimento das Grandes Navegações e para a expansão comercial e marítima, ocorridas entre os séculos XIII e XVI, lideradas por importantes cidades europeias.

Quando aproximamos uma agulha metálica de um ímã, ela se torna magnetizada, sendo atraída pelo ímã. No entanto, quando a agulha é afastada do ímã o efeito desaparece. Para transformá-la em um ímã permanente, é preciso friccioná-la repetidas vezes, sempre na mesma direção e assim podemos construir uma bússola com esse procedimento.

Assim, com base no exemplo da agulha, podemos classificar a maioria das substâncias em três grupos de materiais magnéticos: os diamagnéticos, os paramagnéticos e os ferromagnéticos. Esses são os principais materiais magnéticos.

No próximo texto vamos discutir cada um desses materiais mostrando como eles se magnetizam no nível microscópico.

## **Texto 2 - Magnetização de um material**

Um material **diamagnético** é levemente repellido pelo ímã, por exemplo, um pedaço de grafite suspenso por uma linha, bem próximo a um super ímã (ímã de neodímio), onde este material será repellido não importando o polo do ímã. São exemplos de materiais diamagnéticos a água, a prata, o ouro, o chumbo e o quartzo (ver Figura 3).

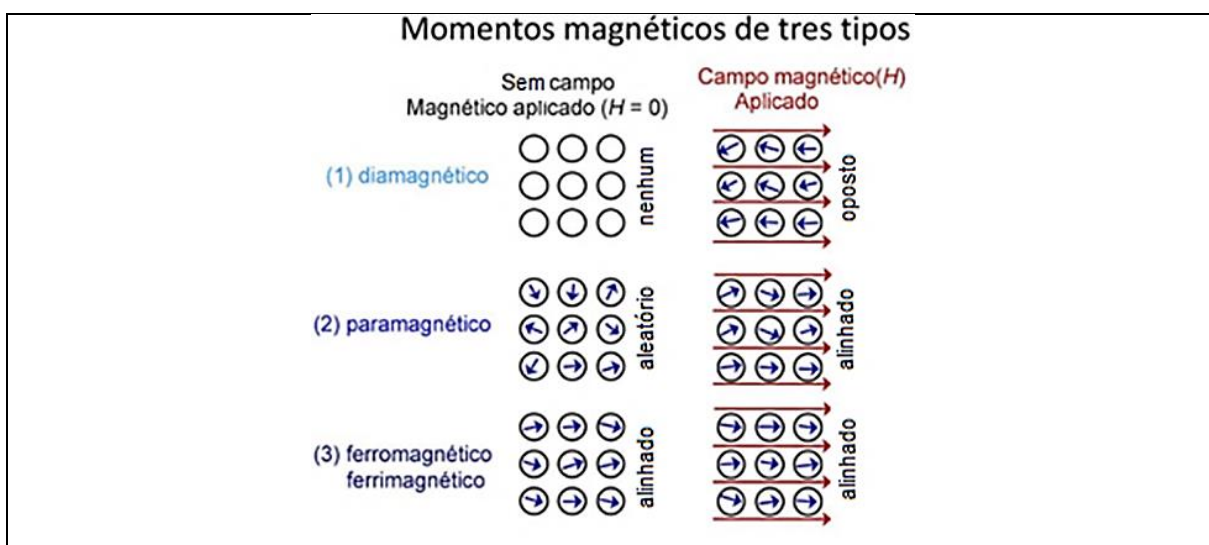
Os materiais **paramagnéticos** são fracamente atraídos pelo ímã, por exemplo: pedacinhos de alumínio suspensos por uma linha, bem próximo a um ímã, serão atraídos não importando o polo do ímã. A maioria dos materiais são paramagnéticos como o vidro, a platina, o manganês, o cromo, o estanho, o ar, entre outros (ver Figura 3).

Os materiais **ferromagnéticos** se comportam da mesma maneira que os materiais paramagnéticos, diferenciando-se somente na intensidade da atração. Por exemplo, após sofrer o processo de imantação, o ferro é fortemente atraído por um ímã e

consegue manter sua magnetização por muito tempo. Isso não acontece com os materiais diamagnéticos e paramagnéticos. São alguns exemplos de materiais ferromagnéticos: o ferro, o níquel, o cobalto e algumas ligas formadas com esses elementos (ver Figura 3).

A magnetização desses materiais depende de suas propriedades intrínsecas que têm origem na estrutura eletrônica do átomo. Do ponto de vista clássico, podemos explicar a origem dos momentos magnéticos associados ao elétron como o momento angular de spin (“giro”) do elétron. Quando esses materiais são colocados em um campo magnético externo, os momentos magnéticos intrínsecos tendem a se alinhar com o campo magnético externo.

Figura 3 - Representação esquemática dos momentos magnéticos para os três tipos de materiais magnéticos.



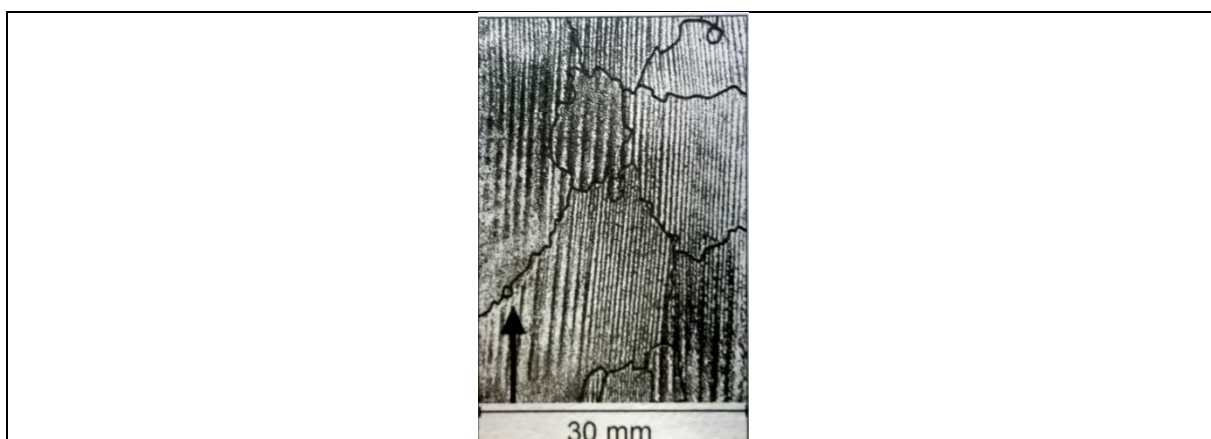
Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Assim, para entender as propriedades que derivam do mundo microscópico observamos um modelo construído a partir dos átomos de um material ferromagnético considerando-os como partículas equivalentes a pequenos ímãs (ver Figura 4). Para observar o comportamento magnético de um material separamos uma amostra (Figura 4) e verificamos que o comportamento macroscópico resulta da interação, a nível microscópico, entre esses ímãs em pequenas regiões

denominadas domínios magnéticos. Portanto, o aumento no tamanho dos domínios magnéticos resultará numa magnetização que perdurará por mais tempo. Isso mostra que, o mais importante nos materiais não é o momento magnético individual dos átomos, mas a capacidade da amostra em gerar domínios magnéticos que são efeitos coletivos.

Uma substância ferromagnética quando colocada num campo magnético, magnetiza-se e ao ser retirada do campo magnético, não se desmagnetiza completamente, apresentando ainda certa magnetização mesmo na ausência do campo magnético aplicado. Essa capacidade de guardar por mais tempo as propriedades de um ímã, uma característica das substâncias ferromagnéticas, é denominada de histerese magnética (ver Figura 5).

Figura 4 - Domínios magnéticos

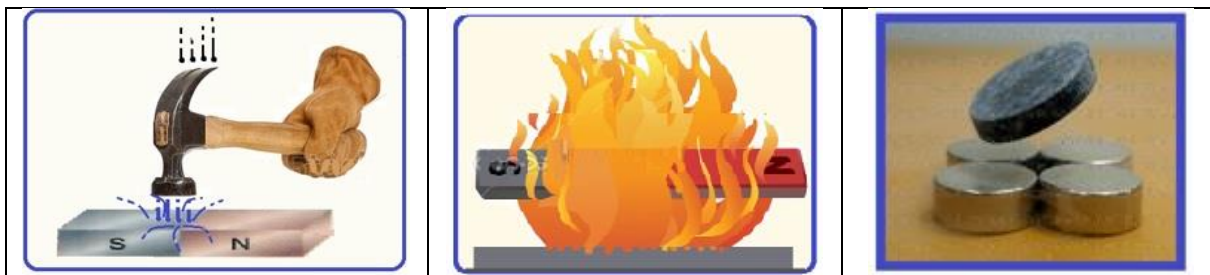


Fonte: Pietrocola (2016).

O gráfico da Figura 5 do fenômeno da histerese magnética mostra a curva  $I$  (imantação) em função de  $H_0$  (campo de indução magnético) de uma substância ferromagnética que inicialmente não apresenta magnetização. Ao aplicarmos um aumento gradual no valor do campo magnético a partir de zero até o valor  $H_s$ , sua imantação também aumentará de acordo com a curva  $OP$ . Se diminuirmos o valor do campo aplicado a partir de  $H_s$ , onde a curva de volta não é  $PO$ , vemos sua imantação diminuir conforme a curva  $PI_r$ , mostrando que, quando o campo aplicado é reduzido a zero o material ainda apresenta uma imantação residual na substância ferromagnético.



Figura 6 - Exemplos de desmagnetização.



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Um ímã pode perder suas propriedades magnéticas, ou seja, ser desmagnetizado, se cair no chão ou se for aquecido demais, numa temperatura a partir  $770^{\circ}$  para o ferro que é um dos elementos químicos do ímã natural. Cada substância apresenta uma temperatura de desmagnetização denominada de Ponto Curie em homenagem a Pierre Curie (1859-1906), que explicou a influência da temperatura na magnetização. As temperaturas superiores às do Ponto Curie levam a agitação térmica dos elétrons impedindo seu alinhamento. Outro exemplo de desmagnetização poder ser a desordenação magnética, ou seja, uma intensa magnetização externa que pode alterar os domínios magnéticos até não existir magnetização resultante.

Na sequência entregamos a ficha com as questões de leitura do texto. A ficha contém 9 perguntas e deve ser respondida em 50 minutos.

A seguir, apresentamos a ficha **QUESTÕES DA LEITURA DE TEXTO** entregue aos alunos.

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

### QUESTÕES DA LEITURA DE TEXTO

1) Gilbert imaginou um gigantesco ímã em forma de barra no interior da Terra cuja posição dos polos magnéticos coincidiriam com os polos geográficos, e esse modelo foi considerado satisfatório porque uma esfera magnetizada apresentava o mesmo comportamento magnético da Terra. Explique no que Gilbert se baseou para descrever as relações dos polos geográficos e magnéticos e sua proximidade?

---

---

---

---

2) Uma região do espaço terrestre apresenta um campo magnético e nele existe pelo menos um objeto magnetizado dentro de sua vizinhança tal como uma bússola. A agulha da bússola tem pequena massa e é móvel podendo mudar de posição, por isso serve para indicar a presença de um campo magnético revelando a interação entre o objeto magnetizado e a agulha da bússola. Com base nessas informações e no texto “A descoberta do magnetismo”, você pode explicar por que a agulha da bússola adquire a direção norte-sul magnética da Terra?

---

---

---

---

3) As auroras são fenômenos luminosos observados no céu das regiões polares da Terra. Quando a aurora é vista no hemisfério Norte, recebe o nome de aurora boreal; quando ocorre no hemisfério Sul, é chamada de aurora austral. A aurora é formada por uma interação entre os ventos solares e o campo magnético terrestre. Os ventos solares são grandes quantidades de radiação expelida pelo Sol e ocorrem constantemente, mas aumentam durante as erupções solares. Levando em consideração sua vivência faça uma lista de objetos que podem ser influenciados pela ausência/ou variação muito grande do campo magnético da Terra e as consequências disso.



---

---

---

---

4) A magnetosfera é a região no entorno da Terra em que o campo magnético terrestre é detectado, ou seja, tem algum tipo de influência relevante. Essa camada é finita em sua extensão é fortemente influenciada pelo Sol sendo que o lado exposto aos raios solares possui extensão menor do que o outro lado oposto aos raios. Com isso podemos afirmar que o campo magnético da Terra é a mesma em todos os pontos de sua superfície?

---

---

---

---

5) No texto “Magnetização de um material” vimos que os momentos magnéticos individuais interagem entre si gerando os domínios magnéticos, regiões em que os átomos apresentam relativa organização magnética a nível microscópico. Utilizando o conceito de domínio magnético explique o processo de magnetização dos materiais ferromagnéticos, a exemplo do que acontece com a agulha de uma bússola.

---

---

---

---

6) As imagens obtidas da ressonância magnética nuclear são de grande valia para diagnóstico médico e suas imagens estão associadas ao magnetismo da matéria. Os prótons e nêutrons no núcleo também apresentam um momento magnético intrínseco. Aplicando um campo magnético ao núcleo do átomo este vai interagir com o campo externo. Com base nestas informações e o que você aprendeu sobre bússola explique como se dá essa interação.

7) (Pietrocola, 2016) Um estudante desejava grudar um recado na porta da geladeira de casa. Não tendo com que prender o recado, lembrou-se de um ímã guardado na gaveta de sua escrivaninha. Apanhou-o e foi surpreendido pelo fato de ele não parar grudado, mas cair invariavelmente no chão. Pensou, então, em reimantá-lo. Quais foram as possíveis causas para que o ímã perdesse sua imantação? Liste abaixo as possíveis causas do ímã ter perdido sua imantação.

---

---

---

---

8) Por que nem todos os materiais cujos átomos individualmente têm efeito magnético são atraídos/ou repelidos por um ímã?

---

---

---

---

## 2.4 AULA 4: DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

### 2.4.1 Campo Magnético de ímãs permanentes

Essa etapa da SEI tem como objetivo investigar como se comportam as linhas de campo magnético de ímãs permanentes de diferentes formatos. Para tanto buscamos trabalhar com discussões até chegar às explicações do fenômeno estudado. Assim, esta aula promove a verificação da existência de linhas de campo magnético por meio de uma atividade investigativa.

Na demonstração investigativa o educando terá a oportunidade de aplicar os conhecimentos adquiridos na leitura de texto, uma vez que, no texto estava a informação de que no ímã existem dois polos magnéticos e que estes podem atrair ou repelir objetos ferromagnéticos. Assim, o aluno poderá identificar essas propriedades visualmente.

Para o melhor aproveitamento da atividade é interessante o professor utilizar ímãs que tenham os polos magnéticos nas cores azul e vermelho. Uma sugestão caso não tenha é utilizar durex colorido para indicar os polos norte e sul do ímã.

A seguir, apresentamos a ficha da **DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA** entregue aos alunos.

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

### DEMONSTRAÇÃO INVESTIGATIVA

**Caro aluno a demonstração investigativa consiste de um ímã em forma de barra e um punhado de pó de ferro (limalha de ferro). Vamos jogar o pó de ferro próximo ao ímã e estudar suas propriedades. Assim, antes de realizarmos a atividade, responda os seguintes questionamentos sobre o que vai ser demonstrado.**

**Questão proposta 1:** O que pode acontecer com as limalhas se aproximarmos um ímã em forma de barra por cima da folha? E como as limalhas vão se comportar quando aproximarmos o ímã por baixo?

No espaço abaixo vocês devem formular uma hipótese inicial para questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço abaixo.

**Questão proposta 2:** O que pode acontecer com as limalhas se aproximarmos o ímã em forma de rosca por cima da folha? E como as limalhas vão se comportar quando aproximarmos o ímã por baixo?

No espaço abaixo vocês devem formular uma hipótese inicial para questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço abaixo.

**Questão proposta 3:** O que pode acontecer com as limalhas se aproximarmos um ímã em forma de ferradura por cima da folha? E como as limalhas vão se comportar quando aproximarmos o ímã por baixo?

No espaço abaixo vocês devem formular uma hipótese inicial para questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço abaixo.

**Questão proposta 4:** O que pode acontecer com as limalhas se aproximarmos um ímã em forma de disco por cima da folha? E como as limalhas vão se comportar quando aproximarmos o ímã por baixo?

No espaço abaixo vocês devem formular uma hipótese inicial para questão proposta, justificando com argumentos.

Após a observação da demonstração o que vocês podem afirmar sobre a hipótese feita? Ela se confirmou?

Caso não tenha sido confirmada, revise a hipótese e seu argumento no espaço abaixo.

## 2.5 AULA 5: QUESTÕES ABERTAS

As questões abertas se assemelham aos problemas, com a diferença de que não pretendem que o aluno chegue às relações matemáticas entre as grandezas envolvidas. Ao discutir e buscar a resposta de uma questão aberta, os alunos utilizam os conceitos em uma situação ainda não discutida, nem usada como exemplo em sala de aula, justificando teoricamente a resposta (CARVALHO, 2014).

Abaixo apresentamos a ficha de **QUESTÕES ABERTAS** a ser entregue aos alunos.

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

### QUESTÕES ABERTAS

**Caro(a) aluno(a) começaremos uma nova etapa que consiste em responder alguns questionamentos sobre o que aprendemos até agora.**

**Questão 1:** Quando falamos de Magnetismo, qual o primeiro objeto em que vocês pensam? E por que este objeto?

**Questão 2:** Marta quer colocar um quadro na sua sala e comprou um parafuso que pode ser colocado direto na parede.

Ela está com um problema. Está sozinha em casa e não consegue segurar o parafuso no local onde pretende colocar o quadro pois o parafuso não fica preso à furadeira.

Marta lembrou que possui uma coleção de ímãs de geladeira, e acredita que podem lhe ajudar. Como os ímãs podem ajudar a Marta?

**Questão 3:** O pai de Daniel, que é professor de Física, pediu que ele pegasse na caixa de experimentos um ímã em forma barra. Com o objetivo de ensinar algo ao filho ele pergunta:

- Como você encontraria os polos norte e sul deste ímã?
- E como sabemos que existe um outro ímã próximo dele?

**Questão 4:** Paulinha estava na sala brincando com a bússola de pescar de seu pai quando sua mãe a chamou. Ela pede pressa e Paulinha responde:

- Já vou mãe, tô seguindo a bússola.

Quando sua mãe vai olhar, Paulinha está andando em círculo perto da estante onde tem a televisão e um home theater. E pergunta:

- O que está acontecendo Paulinha?

Você sabe o que está acontecendo e o porquê?

**Questão 5:** Por que a agulha de uma bússola se alinha com a direção norte-sul da Terra? E o que faz com que a agulha de uma bússola mude de posição?

**Questão 6:** Existe uma forma de impedir que um ímã atraia o outro?

**Questão 7:** Um objeto pode se tornar um ímã? Quantos cliques de papel podem ser pendurados num mesmo ímã?

Na sequência apresentamos as respostas esperadas para as questões abertas.

**Resposta esperada para a Questão 1:** Nesse momento esperamos que os alunos já reconheçam que outros objetos podem exibir magnetismo. Provavelmente não conseguirão exemplificar e então citarão a magnetita (ímã) como exemplo.

**Resposta esperada para a Questão 2:** A ideia é que os alunos entendam por meio do texto que um material ferromagnético adquire as propriedades de um ímã. O aluno pode usar essa informação para responder que o parafuso pode ser imantado utilizando-se um ímã permanente e, com isso, ao ser parafusado ele não vai se desprender da furadeira.

**Resposta esperada para a Questão 3:** Nesta questão o aluno deve concluir que com uma bússola ele pode identificar os polos de um ímã, material que poderá ser encontrado na caixa do seu pai que é professor de Física. Além disso, o aluno pode descrever a presença de outro ímã pelo comportamento de um outro ímã que ele possua.

**Resposta esperada para a Questão 4:** Esperamos que o aluno possa identificar que na televisão e no *home theater* encontramos ímãs em seus alto-falantes atraindo assim a bússola que Paulinha está na mão.

**Resposta esperada para Questão 5:** Esperamos que o aluno mencione na sua resposta o texto que fala dos polos geográficos da Terra e polos magnéticos do ímã. Além disso, esperamos que o educando cite na sua resposta que a bússola tem propriedades magnéticas e que seu polo norte magnético será atraído pelo polo norte geográfico da Terra e que o seu polo sul magnético será atraído pelo polo sul geográfico da Terra.

**Resposta esperada para a Questão 6:** Existe uma forma de impedir que um ímã atraia o outro?

**Resposta esperada a Questão 7:** Um objeto pode se tornar um ímã? Quantos cliques de papel podem ser pendurados num mesmo ímã?

## 2.6 AULA 6: PROBLEMAS ABERTOS

Os Problemas Abertos contidos nesta SEI tiveram como objetivo o desenvolvimento da capacidade argumentativa do aluno a partir do que ele aprendeu sobre campo magnético criado por uma corrente elétrica em um condutor. Para tanto, a atividade contou com a explanação e a construção do experimento de Oersted, onde foi abordado a Lei de Ampere e a Regra da Mão Direita e culminou com a construção de um eletroímã.

Atividade foi dividida em dois momentos: experimento de Oersted e eletroímã.

Abaixo segue a ficha do primeiro momento dos Problemas Abertos que foi entregue aos alunos.



Professora:	
Escola:	
Data:	__ / __ / __
Turma:	
Alunos:	

### PROBLEMA ABERTO

**Caros alunos, temos a nossa frente um kit que consiste em um pequeno circuito formado por uma chave, uma bateria e um fio de cobre, e junto com o circuito uma bússola e um ímã para analisarmos os seguintes questionamentos:**

a) O que acontece com a ponta vermelha da agulha se a colocarmos alinhada paralelamente ao fio e ligarmos a chave?

---



---



---



---

b) Mantendo a agulha paralela ao fio o que acontecerá com a ponta vermelha da agulha se fizermos um giro bem devagar entorno do fio retilíneo com a chave ligada?

---



---



---



---

c) O que acontece com a agulha de uma bússola alinhada perpendicularmente a um fio retilíneo quando ligamos o interruptor?

---



---



---



---

Você consegue construir uma regra para a direção e o sentido do campo magnético utilizando o polegar e os quatro dedos da sua mão direita, onde o polegar deve apontar no sentido da corrente convencional? Se sim, descreva essa regra no espaço disponível abaixo.

---



---



---



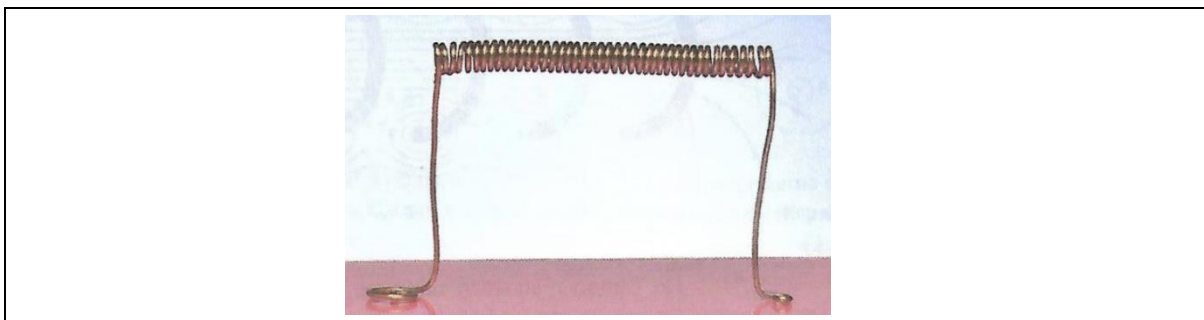
---

Abaixo segue a ficha do segundo momento dos Problemas Abertos que foi entregue aos alunos.

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/___
Turma:	
Alunos:	

### PROBLEMA ABERTO

**Caros alunos, no problema aberto anterior observamos o campo magnético criado por uma corrente elétrica. Para responder o problema abaixo vocês receberão um kit que possui pedaços de fio de cobre e materiais diamagnéticos, paramagnéticos e ferromagnéticos para construir um objeto com propriedades de um ímã.**



3) Tomando como base a figura do enrolamento de um fio como uma espira de caderno, construa seu enrolamento utilizando uma caneta esferográfica como molde. Coloque o enrolamento a uma distância de 5cm de um clipe de papel e anote o que você observou.

--

4) Agora fazendo o mesmo procedimento do item 1, porém colocando dentro do enrolamento um material que preencha todo o espaço entre os fios, coloque esse enrolamento a uma distância de 5cm de um clipe de papel e diga se a força magnética diminuiu, permaneceu a mesma ou aumentou quando comparada ao caso em que não havia material preenchendo o espaço vazio. Faça essas anotações no quadro abaixo.

Enrolamento com madeira	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>
Enrolamento com alumínio	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>
Enrolamento com plástico	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>
Enrolamento com grafite	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>
Enrolamento com ferro	Diminui <input type="radio"/>	Permanece o mesmo <input type="radio"/>	Aumentou <input type="radio"/>

Agora, organize no quadro abaixo em ordem crescente de intensidade o campo magnético produzido pelos diferentes materiais.

Ordem crescente (do mais fraco para o mais forte)	Material
1	
2	
3	
4	
5	

## 2.7 AULA 7: LABORATÓRIO ABERTO

O objetivo desta aula foi de construir um pequeno eletroímã que causasse na agulha de uma bússola a mesma deflexão causada por um pequeno ímã de neodímio.

Inicialmente distribuimos para cada grupo um kit contendo fio de cobre esmaltado, pilha de 2V, bússola e uma folha de papel A4.

Com a bússola na direção norte-sul da Terra o aluno fez uma marcação no papel A4 indicando os pontos cardiais. Na sequência o aluno aproximou um ímã pequeno arrastando-o sobre a linha perpendicular à agulha da bússola de modo que ela se inclinou fazendo um ângulo com a direção leste-oeste. Quando o ângulo de inclinação da agulha chegava em 45 graus o aluno anotava a distância que o ímã estava da bússola. Assim, utilizando o fio esmaltado e a pilha o aluno construía um eletroímã com um campo magnético forte o suficiente para que quando colocado na posição onde estava o ímã ele produzisse na agulha da bússola o mesmo deslocamento angular.

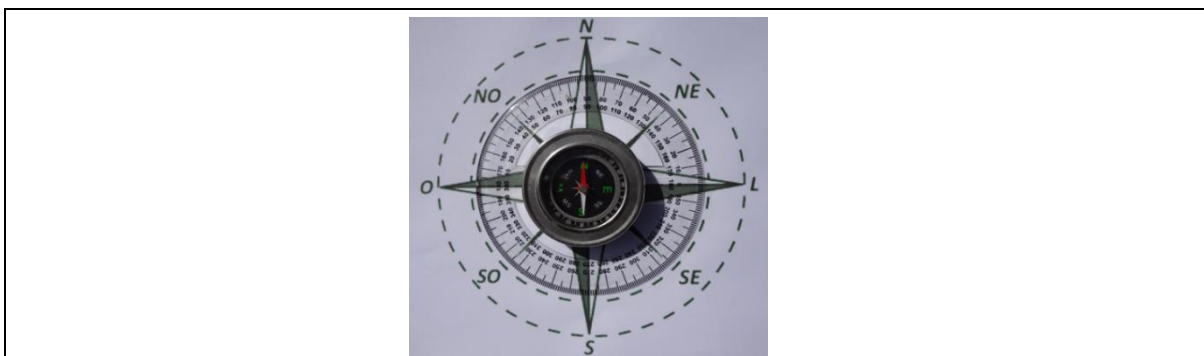
Abaixo apresentamos a ficha do Laboratório Aberto que foi entregue aos alunos.

Professora:	
Escola:	
Data:	___/___/_____
Turma:	
Alunos:	

### LABORATÓRIO ABERTO

**Caros alunos, temos a nossa frente um kit que consiste em uma bússola, transferidor, ímãs, pilhas e fios esmaltados para nosso desafio.**

Com a bússola na direção norte-sul da Terra marque no papel A4 indicando os pontos cardiais.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).

Agora, tomando como base a figura acima responda a seguinte pergunta: o que acontece com a agulha da bússola quando aproximamos um ímã pequeno arrastando-o sobre a linha Leste-Oeste? (Use na sua resposta a rosa dos ventos e ângulos para indicar direção e sentido da agulha e, além disso, diga qual é a distância que o ímã está da bússola).

---



---



---



---

A partir dos dados coletados na etapa anterior propomos a você o seguinte desafio: Construa uma bobina com a capacidade de provocar na agulha o mesmo deslocamento angular causado pelo ímã permanente quando colocado na mesma posição em que ele estava.

Para auxiliar no seu trabalho anote todos os procedimentos realizados para resolver o desafio, ou seja, defina todas as hipóteses que precisam ser testadas e o passo a passo para a coleta de dados. Com isso, listamos abaixo alguns tópicos importantes a serem registrados no seu plano de trabalho

1. Aqui você e seus colegas podem colocar as primeiras impressões sobre o problema e, também, podem escrever as hipóteses levantadas para pelo grupo para a sua solução.

---

---

---

---

2. Aqui você e seus colegas podem relatar as tentativas de resolver o problema. Ou seja, vocês devem escrever os procedimentos adotados na montagem do arranjo experimental.

---

---

---

---

3. Aqui você pode escrever a conclusão do trabalho discutindo a validade (ou não) das hipóteses levantadas no item a.

---

---

---

---

## 2.8 AULA 8: QUESTIONÁRIO FINAL

Essa aula é destinada à aplicação do questionário final para a avaliação formal do conteúdo. Para efeitos de comparação aplicamos o mesmo questionário que foi utilizado na aula1.

## 2.9 AULA 9: QUESTIONÁRIO DE OPINIÃO

O questionário de opinião foi entregue junto com a avaliação, o qual continha dez perguntas sobre nossa proposta, no qual os alunos puderam não só avaliar a metodologia proposta, mas também a sua participação nas atividades.

A seguir temos o questionário de opinião.

Caro aluno, solicito a sua contribuição para o preenchimento deste questionário. Ele tem por objetivo verificar a sua opinião quanto a sequência de ensino por investigação (SEI) que fizemos para o estudo da força elástica. Não existem respostas certas ou erradas. Por isso lhe solicito que responda de forma espontânea e sincera a todas as questões. **O nome é opcional.**

Dê sua nota, marcando um **X** para cada item de acordo com a escala:

Ruim			Ótimo	
1	2	3	4	5

	Ruim			Ótimo	
	1	2	3	4	5
1. Como você avalia a sequência de ensino por investigação (SEI)?					
2. Como foi sua motivação durante as aulas investigativas?					
3. Como foi a sua participação nos debates realizados em grupo?					
4. Os colegas do grupo auxiliaram para tirar alguma dúvida?					
5. Você acha que a atividade em grupo favoreceu a aprendizagem?					
6. A aula de demonstração investigativa despertou o seu interesse para o assunto?					
7. A aula das questões abertas contribuiu para despertar o seu interesse sobre força elástica?					
8. Os textos de apoio contribuíram para a sua compreensão do conceito físico presente no estudo da força elástica?					
9. A aula em que calculamos a constante elástica o estimulou a participar ativamente da atividade proposta?					
10. Na aula de laboratório aberto você contribuiu nas discussões do seu grupo para a resolução do problema proposto?					

Após a sequência de estudo sobre magnetismo como você aplicaria esse tema no seu cotidiano?

---



---



---



---



### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa proposta didática foi aplicada numa escola pública de ensino médio do estado do Espírito Santo numa escola da Rede Estadual de Educação Básica da cidade de Serra. Embora fosse uma proposta que contemplava o desenvolvimento dos conceitos científicos e sua relação com o cotidiano do aluno, buscamos fugir da perspectiva disciplinar e nos aproximar da perspectiva interdisciplinar.

Durante a aplicação da proposta didática foi possível debater os conceitos que permeiam o conteúdo do magnetismo através das discussões produzidos em sala de aula e das situações trazidas pelas atividades propostas. Por isso, destacamos que o professor desempenha um papel fundamental neste processo, pois durante a aplicação das atividades investigativas é fundamental que os alunos possam efetivamente propor, analisar e construir ideias na sala de aula sendo apoiados pelo professor (BARCELLOS et al, 2019).

## REFERÊNCIAS

- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria de Educação. Parâmetros Curriculares Nacionais: ciências naturais. Brasília: MEC/SEF, 1998. 136p.
- BARCELLOS, L. S.; GERVÁSIO, S. V.; JONIS SILVA, M. A., COELHO, G. R. A Mediação Pedagógica de uma Licencianda em Ciências Biológicas em uma Aula Investigativa de Ciências Envolvendo Conceitos Físicos. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 19, p. 37-65, 2019
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.
- CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. A coleção "Ideias em Ação" nasceu do trabalho...[Apresentação da coleção]. *Ensino de Física*, 2010.
- \_\_\_\_\_. Critérios estruturantes para o Ensino de Ciências. 1-17, 2004. *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. In: CARVALHO, A. M. P. (org.). São Paulo: Cengage Learning, p. 1-17, 2004.
- \_\_\_\_\_.; GIL-PÉREZ, D. Formação de professores de ciências: tendências e inovações. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- \_\_\_\_\_. O ensino de Ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). *Ensino de Ciências por Investigação: Condições para Implementação em Sala de Aula*. São Paulo: Cengage Learning, p. 1-20. 2013.
- \_\_\_\_\_. (org). *Calor e temperatura: um ensino por investigação*. São Paulo: Livraria da Física, 2014.
- \_\_\_\_\_. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, p. 765-794, 2018.
- DARSIE, Marta Maria Pontin. Avaliação e aprendizagem. *Cadernos de Pesquisa*, n. 99, p. 47-59, 1996.
- GHEDIN, E. Teorias Psicopedagógicas do Ensino Aprendizagem. Boa Vista: UERR. Editora, 2012.
- LIBÂNEO, J.C. Didática. São Paulo: Cortez, p. 195-220, 1992.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.

MUNFORD, D. e LIMA, M. E. C. de C. Ensinar ciências por investigação: em que estamos de acordo? Revista Ensaio, v. 1, 2007.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

RODRIGUES, B.A.; BORGES, A.T. O ensino de ciências por investigação: uma reconstrução histórica. Anais do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. Curitiba, 2008.

SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR JUNIOR, O. A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação. Investigações em Ensino de Ciências. v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.

SASSERON, L. H.; CARVALHO A. M. P de. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. Revista Ciência & Educação, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.

\_\_\_\_\_. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências, 17 (n. esp.), 49–67. 2015.

\_\_\_\_\_; MACHADO, Vitor Fabrício. Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar física. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

SCHROEDER, E.; MAESTRELLI, S. R. P.; FERRARI, NADIR. A Construção dos conceitos científicos em aulas de Ciências: contribuições da teoria histórico-cultural do desenvolvimento. In: VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), 2009, Florianópolis. Anais do VII ENPEC, 2009.

WESTBROOK, R. B. John Dewey. in: WESTBROOK, Robert B; TEIXEIRA, Anísio; ROMÃO, José Eustáquio; RODRIGUES, Verone Lane (org.). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010.

ZÔMPERO, A. F.; LÁBURU, C. E. Atividades investigativas no ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. Revista Ensaio, Belo Horizonte, v. 13, n. 03, p. 67-80, set./dez. 2011.