

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS  
INSTITUTO FEDERAL SUDESTE DE MINAS GERAIS  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Plaudio Evangelista dos Anjos Filho

REVISITANDO EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE FÍSICA NUMA  
PERSPECTIVA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Juiz de Fora  
2018

Plaudio Evangelista dos Anjos Filho

REVISITANDO EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE FÍSICA NUMA  
PERSPECTIVA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 24 - UFJF/IF-Sudeste-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Henrique Dias  
Menezes

Juiz de Fora  
2018

Ficha catalográfica elaborada através do programa de geração automática da Biblioteca Universitária da UFJF, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Anjos Filho, Plaudio Evangelista dos.

REVISITANDO EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE FÍSICA NUMA PERSPECTIVA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO / Plaudio Evangelista dos Anjos Filho. -- 2018.

129 f.

Orientador: Paulo Henrique Dias Menezes

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, ICE/IFSEMG. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2018.

1. Ensino de Física. 2. Experimentos Didáticos. 3. Ensino por Investigação. I. Menezes, Paulo Henrique Dias, orient. II. Título.

Plaudio Evangelista dos Anjos Filho

REVISITANDO EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE FÍSICA NUMA  
PERSPECTIVA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Dissertação submetida ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – Polo 24: Universidade Federal de Juiz de Fora e Instituto Federal Sudeste de Minas Gerais, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 06 de Setembro de 2018, por:



Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes – Orientador



Prof. Dr. José Luiz Saldanha da Fonseca – CEFET-MG



Prof. Dr. José Roberto Tagliati – UFJF

Juiz de Fora, MG  
Setembro de 2018

## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse.

Meus agradecimentos à minha esposa Wânia Maria da Mata Ribeiro dos Anjos e minhas filhas Beatriz da Mata Ribeiro dos Anjos e Daniele da Mata Ribeiro dos Anjos, pelo apoio e companheirismo.

Ao meu orientador Prof. Dr. Paulo Henrique Dias Menezes, pelo suporte, pelas suas correções e incentivos.

Aos colegas do curso, companheiros de trabalhos e irmãos na amizade que irá continuar presente em minha vida, com certeza.

Agradeço aos professores que sempre estiveram dispostos a ajudar e contribuir para um melhor aprendizado.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

Agradecemos à FAPEMIG pelo apoio de taxa de bancada - Projeto MPR 00703-15.

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

## RESUMO

### REVISITANDO EXPERIMENTOS DIDÁTICOS DE FÍSICA NUMA PERSPECTIVA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Plaudio Evangelista dos Anjos Filho

Orientador:

Paulo Henrique Dias Menezes

Neste trabalho buscamos lançar um olhar diferente para as atividades experimentais no ensino de Física por meio da perspectiva de ensino por investigação. Para isso, inicialmente foi feito um estudo sobre a presença de experimentos de Física em livros didáticos publicados no Brasil desde o início do século XX. A partir dos resultados desse estudo, selecionamos alguns experimentos e procuramos reelaborá-los numa perspectiva de atividade investigativa, na qual os experimentos devem ser orientados por ações que envolvem: análise inicial do problema a resolver; elaboração de hipóteses; definição dos procedimentos; coleta de dados; análise dos dados; e elaboração da conclusão. Nesse sentido, elaboramos um conjunto quatro roteiros experimentais sobre os seguintes temas: Pêndulo Simples; Eletrização; Campo Magnético e Sensação Térmica. Os roteiros seguem uma estrutura que apresenta, inicialmente, uma situação problema em que os alunos são levados a levantar hipóteses sobre o problema que será investigado; em seguida apresenta-se uma sequência de atividades que permitem ao aluno explorar o problema e testar suas hipóteses; e, por fim, é apresentada outra questão que remete novamente o aluno à problematização inicial, com o intuito de confrontar suas hipóteses com os resultados obtidos nas atividades realizadas. Esses roteiros foram aplicados em duas escolas, uma pública e outra particular, para alunos do 2º e do 3º ano do Ensino Médio. A partir dessas aplicações tivemos a oportunidade de observar o impacto da proposta metodológica no envolvimento dos alunos com os conteúdos de ensino de Física e no desenvolvimento de habilidades relacionadas à própria construção do conhecimento científico. Também foi possível reelaborar os roteiros para apresentá-los na forma de um produto educacional que poderá ser apropriado por outros professores de Física que queiram aplicar a metodologia aqui proposta.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentos didáticos, Ensino por investigação.

Juiz de Fora  
2018

## **ABSTRACT**

### **REVISITING DIDACTIC EXPERIMENTS OF PHYSICS IN A PERSPECTIVE OF TEACHING BY INVESTIGATION**

Plaudio Evangelista dos Anjos Filho

Advisor:

Paulo Henrique Dias Menezes

In this work we seek to launch a different look at experimental activities by focusing on a perspective of teaching by investigation. Thereunto, initially we did a study on the use of Physics experiments in didactic books published in Brazil since the beginning of the 20th century. From the results of this study, we selected some experiments and tried to re-elaborate them in a perspective of investigative activity. From this perspective we understand that experimental activities must be guided by actions that involve: initial analysis of the problem to be solved; hypothesis elaboration; definition of procedures; data collect; data analysis; and drawing up the conclusion. Hereupon, we elaborated a set of four scripts of experiments on the following subjects: Simple Pendulum; Electrification; Magnetic Field and Thermal Sensation. The scripts follow a structure, that initially presents a problem situation in which students are led to hypothesize about the problem that will be investigated; then is introduced a sequence of activities that allow the student to explore the problem and test his hypotheses; and lastly, another question is presented, which again refers in the student the initial problematization in order to confront his hypotheses with the results obtained in the activities performed. These scripts were applied in two schools, one public and one private, for students in the 2nd and 3rd year of High School. From these applications we had the opportunity to observe the impact of the methodological proposal on the students' involvement with the teaching contents of Physics and on the development of skills related to the construction of scientific knowledge itself. It was also possible to rework the scripts to present them in the form of an educational product that may be appropriate by other Physics teachers who want to apply the methodology proposed here.

Keywords: Physics Teaching, Didactic Experiments, Inquiry-based learning.

Juiz de Fora  
2018

## Lista de Figuras

<b>Figura 1-</b> Quadro Comparativo: Laboratório Tradicional x Atividades Investigativas .....	19
<b>Figura 2-</b> Propósitos e ações pedagógicas do professor para promover argumentação .....	21
<b>Figura 3 -</b> Pêndulo Simples.....	41
<b>Figura 4 –</b> Eletrização .....	42
<b>Figura 5 -</b> Alunos realizando atividade de eletrização .....	43
<b>Figura 6 -</b> Atividade Campo Magnético .....	45
<b>Figura 7-</b> Alunos realizando atividade de Sensação Térmica .....	46
<b>Figura 8 -</b> Eletroscópio de canudinho.....	51



## Lista de Tabelas

<b>Tabela 1</b> – Análise dos livros de Física antes de 1970 .....	24
<b>Tabela 2</b> - Síntese da leitura da obra: Os Fundamentos da Física .....	28
<b>Tabela 3</b> - Síntese da leitura da obra: Curso de Física .....	31
<b>Tabela 4</b> – Respostas dos alunos para o roteiro do Pêndulo Simples .....	48
<b>Tabela 5</b> - Pêndulo Simples: Síntese das respostas dos alunos.....	48
<b>Tabela 6</b> - Eletrização: Resumo das respostas da Turma TMS .....	52
<b>Tabela 7</b> - Eletrização: Resumo das respostas da Turma TFL 3.1. ....	53
<b>Tabela 8</b> - Eletrização – Resumo das respostas da Turma TFL 3.3 .....	54
<b>Tabela 9</b> - Eletrização: Síntese das respostas da Turma MS .....	56
<b>Tabela 10</b> - Síntese das respostas da Turma TFL3.1.....	56
<b>Tabela 11</b> - Síntese das respostas da turma TFL3.3 .....	57
<b>Tabela 12</b> - Campo Magnético: Resumo das respostas TMS .....	65
<b>Tabela 13</b> - Campo Magnético - Resumo das resposta turma TFL3.1 .....	66
<b>Tabela 14</b> - Campo Magnético: Resumo das resposta turma TFL3.2 .....	68
<b>Tabela 15</b> - Campo Magnético: Resumo das respostas turma TFL3.3 .....	70
<b>Tabela 16</b> - Sensação térmica: Resumo das respostas da turma TFL2.1 .....	77
<b>Tabela 17</b> - Sensação térmica: Resumo das respostas da turma TFL2.2.....	78
<b>Tabela 18</b> - Sensação térmica: Resumo das respostas da turma TFL2.4.....	80
<b>Tabela 19</b> - Sensação térmica : Resumo das respostas da turma TFL2.5.....	82

# Sumário

Capítulo 1	Introdução.....	10
1.1	Apresentação.....	10
1.2.	Justificativa.....	12
1.3.	Objetivos.....	15
1.3.1	Objetivo Geral.....	15
1.3.2	Objetivos Específicos.....	15
1.4	Estrutura da Dissertação.....	15
Capítulo 2	Referencial Teórico.....	17
2.1.	A experimentação no ensino de Física.....	17
2.2.	O ensino de Física por investigação.....	19
Capítulo 3	Experimentos didáticos em livros de ensino de Física.....	23
3.1.	Os experimentos didáticos em livros de ensino de Física antes de 1970.....	23
3.1.1.	Síntese da leitura dos livros publicados até a década de 1970.....	24
3.2.	Os experimentos didáticos em livros de ensino de Física após 1970.....	26
3.2.1.	Experimentos didáticos no livro: Os Fundamentos da Física.....	27
3.2.2.	Experimentos didáticos no livro “Curso de Física”.....	30
Capítulo 4	Procedimentos Metodológicos.....	34
4.1.	Os sujeitos da pesquisa.....	34
4.2.	A elaboração dos roteiros.....	36
4.2.1.	Exemplo de Roteiro – Pêndulo Simples.....	36
4.3.	Breve descrição da aplicação dos roteiros nas escolas.....	39
4.3.1.	O Pêndulo simples.....	40
4.3.2.	Eletrização.....	41
4.3.3.	Campo Magnético.....	44
4.3.4.	Sensação térmica.....	46
Capítulo 5	Resultados.....	47
5.1	Pêndulo Simples.....	47
5.1.1	Análise dos dados obtidos na aplicação do roteiro do Pêndulo Simples.....	49
5.2	Eletrização.....	50
	Fonte: Autor.....	58
5.2.1.	Análise dos dados: Eletrização.....	59
5.3	Campo Magnético.....	63
5.3.1.	Análise dos dados: Campo magnético.....	72
5.4	Sensação térmica.....	74

5.4.1. Análise dos dados: Sensação Térmica.....	84
Capítulo 6 Considerações Finais .....	86
Referências Bibliográficas .....	89
Apêndice A Roteiro: Pêndulo Simples .....	92
Apêndice B Roteiro: Eletrização .....	95
Apêndice C Roteiro: Campo Magnético .....	99
Apêndice D Roteiro: Sensação Térmica .....	103
Apêndice E Produto Educacional.....	108

# Capítulo 1

## Introdução

### 1.1 Apresentação

Sou natural da cidade de Volta Redonda, no Estado do Rio de Janeiro. Meus pais são mineiros e se mudaram para Volta Redonda, cidade industrial, no início de implantação da Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). Foi nesse contexto que começou meu gosto por ciência, em especial pela Física. Em função da usina, boa parte das pessoas se capacitava em estudos voltados para áreas técnico-científicas.

Desde o início do Ensino Fundamental, eu gostava muito de Matemática e Ciências. Em 1973, participei como representante do grupo escolar onde estudava do IV Torneio Cultural Intercolegial de Volta Redonda. Por ter facilidade em Matemática, eu ensinava esta matéria aos colegas. No Ensino Médio fiz o curso técnico em Estruturas e já pensava em seguir carreira na área de Exatas. O meu primeiro curso de graduação foi em Engenharia Civil (término em 1983) na Escola de Engenharia de Volta Redonda da Fundação Oswaldo Aranha (FOA). Em seguida, ingressei na Faculdade de Engenharia Metalúrgica (término em 1989) da Universidade Federal Fluminense (UFF). Essa faculdade ficava em Volta Redonda e formava profissionais para a Companhia Siderúrgica Nacional. Isso era importante porque facilitava o estudo prático através das constantes visitas técnicas em todos os setores da usina.

Estudando Engenharia Metalúrgica tive a oportunidade de iniciar minha carreira docente no Curso Técnico em Metalurgia. Em 1986, obtive autorização para lecionar, pela Secretaria de Estado de Educação do Rio de Janeiro. Iniciei lecionando a matéria Metalurgia Extrativa, que trata da extração dos metais de seus minérios. Foi um grande aprendizado esta nova atividade. Percebi, naquela época, que o magistério seria a minha profissão, eu gostava de lecionar. Nas formaturas sempre fui homenageado pelas turmas. Decidi, então, fazer a terceira graduação, que se tornaria a minha profissão até os dias atuais: a Licenciatura em Física. Dei aula durante muito tempo desta disciplina apenas com a formação em Engenharia e resolvi que queria ser, de fato, professor de Física. Após concluir o curso de Licenciatura em Física, na cidade de Santos - SP, percebi que minhas aulas eram outras, já que melhoraram significativamente a qualidade.

No decorrer da minha atuação técnica como engenheiro tive a oportunidade de vivenciar diversos processos físicos na prática. Trabalhei em setores de laminação para fabricação de placas via lingoteira; também trabalhei no laminador de tiras a quente (em fornos de reaquecimento de placas) e no laminador de chapas grossas (chapão), utilizadas na fabricação de navios. Nesse contexto, obtive grande aprendizado sobre a Física aplicada à manutenção e utilização de diversos equipamentos. A mecânica se faz presente no funcionamento dos laminadores, a termologia no funcionamento dos fornos, o eletromagnetismo no funcionamento dos motores elétricos, a física moderna nos Raios-X utilizado para radiografar as ventaneiras e placas de refrigeração de cobre, entre várias outras aplicações.

Em 1990 me mudei para São Paulo e continuei atuando como engenheiro e professor. Lecionei Física em colégios particulares, cursos pré-vestibulares e escolas técnicas. Enquanto isso, cursava a licenciatura em ciências com habilitação em Física (1991 e 1994). A partir de 1998, passei a atuar exclusivamente como professor. Em 1999, mudei para Juiz de Fora, onde ainda resido, e dei continuidade à minha carreira como professor de Física. Em 2000 ingressei no curso Especialização em Física oferecido pela UFJF e no Programa de Capacitação Docente (Pró-Ciência). Fui aprovado no concurso público para o Estado de Minas Gerais e nomeado como professor de Física efetivo (Servidor Público Estadual), além de continuar lecionando em escolas particulares do município.

Associando minha carreira técnica à profissão docente sempre percebi que os alunos apresentavam grande interesse por atividades práticas e diversificadas. Por isso, procurava realizar atividades que fugissem um pouco da rotina das aulas tradicionais, como a fabricação de queijo e visitas às fábricas da região e ao Centro de Ciências da UFJF. Também comecei a incentivar os alunos da escola pública a participarem da Feira de Ciências promovida anualmente pela UFJF. O ano de 2008 foi muito importante para a escola estadual onde leciono. Um trabalho sobre transmissão de calor, elaborado pelos nossos alunos, foi premiado na Feira de Ciências da UFJF com o primeiro lugar. Os três integrantes da equipe receberam como prêmio uma bolsa de iniciação científica júnior e, a partir daquele ano, passei a incentivar outros alunos da escola a atuarem como bolsistas júniores de pesquisas da universidade.

Em 2012 participei de um processo seletivo e fui aprovado para ser professor supervisor do Programa institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID) do

Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais. No PIBID trabalhei em um projeto que envolvia o desenvolvimento de experimentos de Física para alunos portadores de deficiência. Um dos trabalhos desenvolvidos foi também premiado na primeira colocação da Feira de Ciências da UFJF, na categoria 3. Atuei como supervisor no PIBID até 2016, ano em que ingressei no Mestrado Profissional em Ensino de Física na expectativa de dar continuidade à minha formação e, principalmente, aprimorar meus conhecimentos para uma atuação mais qualificada em sala de aula.

## 1.2. Justificativa

Com base na experiência acumulada em meu percurso profissional, tenho observado o grande interesse que as atividades experimentais geram nos alunos. Aulas que trazem propostas de ensino por investigação e/ou problematização têm grande relevância porque fogem do lugar comum dos livros didáticos, em que “problemas” são apenas exercícios de aplicação com “uma tendência ao operativismo (típicos de exercícios repetitivos)”, e não “investigações que suponham a ocasião de aplicar a metodologia científica” (GIL & TORREGROSA, 1987 *apud* AZEVEDO, 2004, p.19).

Nos cursos de Física é importante apresentar aos alunos problemas para ser resolvidos. De acordo com Hodson (1992 *apud* AZEVEDO, 2004), a pesquisa em ensino tem mostrado que os estudantes aprendem mais sobre a ciência e desenvolvem melhor seus conhecimentos conceituais quando participam de investigações científicas, semelhantes àquelas feitas nos laboratórios. Quando estudadas separadamente a resolução de problemas, a teoria e as aulas práticas produz-se uma visão deformada da ciência, uma vez que essas formas de trabalho estão muito relacionadas entre si, formando um conjunto interdependente. Assim,

Pode-se pensar, pois, em abraçar as práticas de laboratório e a resolução de problemas de lápis e papel como variantes de uma mesma atividade: o tratamento de situações problemáticas abertas, com uma orientação próxima do que constitui o trabalho científico. De fato, o teste de uma hipótese, em uma investigação real, pode e deve fazer-se tanto experimentalmente como mostrando a coerência de suas implicações com o corpo de conhecimento aceito pela comunidade científica (GIL *et al.* 1999 *apud* AZEVEDO, 2004, p.20).

Dessa forma defendemos a necessidade de incluir no planejamento de um curso de Física, ao menos, algumas demonstrações investigativas que objetivem a

construção do conhecimento. O importante é levar os alunos a pensar, debater, justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas usando conhecimentos teóricos e matemáticos. Moreira e Levandowski (1983 *apud* AZEVEDO, 2004, p.20) ressaltam que a atividade experimental “é componente indispensável no ensino da Física” e que “esse tipo de atividade pode ser orientada para consecução (conquista) de diferentes objetivos”. Esse tipo de atividade deve estar acompanhado de situações problematizadoras, questionadoras e de diálogos, envolvendo resolução de problemas que levem à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento (Carvalho *et al*, 1995). Conforme Moreira (1983), a resolução de problemas orientada por uma investigação deve estar fundamentada na ação do aluno. Os alunos devem ter oportunidade de agir e o ensino deve ser acompanhado de ações e demonstrações que os levem a um trabalho prático.

Para que uma atividade possa ser considerada como atividade de investigação na ação do aluno deve constar trabalho de manipulação ou observação. Ele deve refletir, discutir, explicar, relatar - elementos esses que caracterizam o trabalho científico. O experimento deve estar fundamentado de tal forma que a atividade investigativa proporcionada faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno apresentado. Para isso é fundamental que o professor apresente um problema sobre aquilo que será estudado no experimento.

A situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como ‘projeto de investigação’, favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os a adquirir atitudes tais como curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas afirmações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais (LEWIN & LOMASCÓLO, 1998 *apud* AZEVEDO, 2004, p.21).

Entendemos que a aprendizagem de procedimentos e atitudes é tão importante quanto a aprendizagem de conceitos e/ou conteúdos. A ação do aluno durante a resolução de uma situação problema orientada por um experimento poderá promover a aprendizagem de conceitos e conteúdos, mas também irá proporcionar o desenvolvimento de procedimentos e habilidades. Ao analisar um problema o aluno deve refletir, buscar explicações e participar das etapas de um processo que leve à resolução da questão proposta. Nesse processo o professor atua como orientador, guiando as atividades. Na experimentação o problema

proposto e a atividade de ensino desenvolvida devem despertar o interesse do estudante sobre aquilo que está sendo estudado, estimulando sua participação. Para isso é importante que a atividade apresente uma questão que possa ser o ponto de partida para a construção do conhecimento, gerar discussões e levar o aluno a participar das etapas do processo de resolução do problema.

Segundo Carrasco (1991 *apud* AZEVEDO, 2004), aulas práticas devem ser essencialmente investigações experimentais pelas quais se pretende resolver um problema. Essa é uma boa definição para a abordagem de Laboratório Aberto e pode ser estendida para outras atividades de ensino por investigação. Em uma atividade de laboratório dentro dessa proposta o que se busca não é a verificação pura e simples de uma lei, mas a mobilização dos alunos para a solução de um problema científico e, a partir daí, levá-los a procurar uma metodologia para chegar à solução do problema, às implicações e às conclusões advindas.

Shulman e Tamir (1973 *apud* BLOSSER, 1988, p. 74) definem cinco objetivos para as atividades de laboratório:

Habilidades – de manipular, questionar, investigar, organizar, comunicar;

Conceitos – por exemplo: hipótese, modelo teórico, categoria taxionômica;

Habilidades cognitivas – pensamento crítico, solução de problemas, aplicação, síntese;

Compreensão da natureza da ciência – empreendimento científico, cientistas e como eles trabalham, a existência de uma multiplicidade de métodos científicos, inter-relações entre ciência e tecnologia e entre várias disciplinas científicas;

Atitudes – por exemplo: curiosidade, interesse, correr risco, objetividade, precisão, perseverança, satisfação, responsabilidade, consenso, colaboração, gostar de ciência.

Por esses argumentos entendemos que as atividades experimentais, pautadas na perspectiva de uma ensino de ciências por investigação, devem priorizar o protagonismo dos alunos de tal modo que desperte neles o interesse pelo conteúdo de ensino para que objetivos sejam alcançados.



### **1.3. Objetivos**

#### *1.3.1 Objetivo Geral*

Investigar roteiros de experimentos de Física em livros didáticos publicados no Brasil e reelaborá-los numa perspectiva de atividade investigativa.

#### *1.3.2 Objetivos Específicos*

- Analisar as propostas de experimentos didáticos em livros de Física e de Ciências publicados no Brasil.
- Identificar as concepções didático-pedagógicas que norteiam esses experimentos de Física.
- Selecionar experimentos (aqueles mais recorrentes nos livros analisados) para reelaboração de roteiros numa perspectiva investigativa.
- Testar e validar os roteiros elaborados em uma turma do Ensino Médio.
- Disponibilizar os roteiros elaborados, em meio impresso e eletrônicos, para professores de Ciências e de Física.

### **1.4 Estrutura da Dissertação**

No Capítulo 2 apresentamos o referencial teórico sobre a experimentação no ensino de Física e o ensino por investigação. No capítulo seguinte apresentamos os resultados de um estudo que desenvolvemos sobre a presença de experimentos didáticos em livros de Física publicados no Brasil, a partir do início do século XX. Este estudo foi dividido em duas partes: até a década de 1970 e a partir da década de 1970.

No Capítulo 4 são apresentados os procedimentos metodológicos adotados para realização do trabalho. Fazemos uma breve descrição dos sujeitos que participaram da pesquisa, dos procedimentos adotados para elaboração dos roteiros didáticos utilizados e uma breve descrição da aplicação desses roteiros. No Capítulo 5 é apresentada uma síntese dos dados obtidos, suas análises e os principais resultados.

O último capítulo traz as considerações finais do trabalho, com reflexões sobre o material desenvolvido, a metodologia utilizada e seus impactos para alunos e professor.

## Capítulo 2

### Referencial Teórico

#### 2.1. A experimentação no ensino de Física

A ideia de que o uso de experimentos no ensino de Física auxilia na aprendizagem desta disciplina pode ser considerada um consenso. Porém, a forma de conceber e utilizar experimentos didáticos ainda é muito discutida por pesquisadores da área.

De acordo com Séré, Coelho e Nunes (2003), um experimento pode ser concebido considerando diferentes abordagens. Pela maneira tradicional o aluno não tem abertura para discussão, servindo apenas como material para manipular uma lei, fazendo variar os parâmetros e observando um fenômeno. Outra forma de abordagem é aquela em que a lei não é questionada e o experimento é utilizado apenas para calcular um parâmetro a partir de dados coletados. A outra possibilidade é aquela que remete às atividades de produção, na qual a relação entre a teoria e o experimento é bastante interessante. Dessas abordagens o professor pode optar por diferentes enfoques ao propor um experimento aos alunos, tais como verificar uma lei, comparar modelos, comparar métodos experimentais ou, até mesmo, conceber um experimento para solucionar um determinado problema.

Cada uma dessas abordagens exige do aluno um grau de abstração e de habilidades construídas ao longo do tempo. Se começa com experimentos mais fechados e direcionados e, aos poucos, se passa para propostas mais abertas nas quais os próprios alunos podem sugerir um experimento para resolver determinado problema. Ainda de acordo com esses autores,

Graças às atividades experimentais, o aluno é incitado a não permanecer no mundo dos conceitos e no mundo das linguagens, tendo a oportunidade de relacionar esses dois mundos com o mundo empírico. Compreende-se, então, como as atividades experimentais são enriquecedoras para o aluno, uma vez que elas dão um verdadeiro sentido ao mundo abstrato e formal das linguagens. (SÉRÉ, COELHO E NUNES, 2003, p. 39)

Borges (2002) sugere adotar atividades práticas e experimentais, não da mesma forma que os roteiros tradicionais, mas, como atividades que envolvem a manipulação de interpretações e ideias sobre observações e fenômenos cujo

propósito é produzir conhecimento. Entre essas práticas estão a análise e interpretação dos resultados, a reflexão sobre esses resultados e a avaliação das evidências que dão suporte às conclusões obtidas.

Sobre a experimentação no ensino de Física, Borges (2002, p.294) relata que várias escolas dispõem de alguns equipamentos e laboratórios que, por problemas diversos, nunca são utilizados, entre os quais o autor destaca a “falta de recursos para compra de componentes e materiais de reposição; falta de tempo do professor para planejar a realização de atividades como parte do seu programa de ensino; laboratório fechado e sem manutenção”.

Muitos professores até se dispõem a enfrentar isso, improvisando aulas práticas e demonstrações com materiais caseiros, mas acabam se cansando dessa tarefa inglória, especialmente em vista dos poucos resultados que alcançam. É um equívoco corriqueiro confundir atividades práticas com a necessidade de um ambiente com equipamentos especiais para a realização de trabalhos experimentais, uma vez que podem ser desenvolvidas em qualquer sala de aula, sem a necessidade de instrumentos ou aparelhos sofisticados. (BORGES, 2002, p. 294)

Nos dias atuais a crítica de Borges ao equívoco de associar à ideia de atividade experimental com um espaço físico chamado “laboratório” faz ainda mais sentido quando somamos a isso as possibilidades que as simulações, cada vez mais sofisticadas, oferecem. Como contraponto ao laboratório tradicional, Borges (2002) propõe o uso de atividades investigativas com maior grau de abertura para explorar o fenômeno e dar mais autonomia aos alunos. O quadro a seguir apresenta uma comparação entre o laboratório tradicional e a atividade investigativa.

**Figura 1-** Quadro Comparativo: Laboratório Tradicional x Atividades Investigativas

<i>Aspectos</i>	<b>Laboratório Tradicional</b>	<b>Atividades Investigativas</b>
<i>Quanto ao grau de abertura</i>	Roteiro pré-definido Restrito grau de abertura	Variado grau de abertura Liberdade total no planejamento
<i>Objetivo da</i>	Comprovar leis	Explorar fenômenos
<i>Atitude do estudante</i>	Compromisso com o resultado	Responsabilidade na investigação

Fonte: Borges (2002, p.304).

Borges (2002, p. 306) destaca que “Um curso baseado em investigações apresenta a característica única de combinar processos, conceitos e procedimentos na solução de um problema.” Porém, isso não é uma tarefa simples, principalmente para alunos que estão habituados ao processo tradicional com roteiros e questões fechados. Assim, ele sugere que “as investigações devam ser inicialmente simples e feitas em pequenos grupos, embora com um sentido claro de progressão ao longo do curso.”

## 2.2. O ensino de Física por investigação

Sobre investigação no ensino de Ciências, Sasseron e Machado (2012) apresentam um estudo em que procuram fazer uma associação entre a questão das perguntas dos alunos e o ensino por investigação. De acordo com esses autores, a argumentação trazida pelos alunos está vinculada à capacidade que eles têm para relacionar dados, tirar conclusões e avaliar aquilo que foi feito. Nesse sentido, ressaltam os aspectos discursivos da atividade investigativa, na qual o aluno vai dialogar mais com os colegas e com os professores, algo que pouco acontece nas aulas expositivas ou nas atividades experimentais tradicionais. Na elaboração de uma atividade investigativa os propósitos pedagógicos a que se refere a ação em

sala de aula podem ser construídos e desenvolvidos dentro do mesmo espaço tempo.

Sobre argumentação em sala de aula, Sasseron e Carvalho (2011, p.99), apoiadas no estudo de Jiménez Aleixandre e Díaz de Bustamante (2003) defendem a ideia de “um ensino de Ciências que não seja somente voltado para a exploração de fenômenos, mas no qual haja possibilidade, também, de que a argumentação seja desencadeada em aula”. E, para isso, a argumentação deve ser entendida como “a capacidade de relacionar dados e conclusões, de avaliar enunciados teóricos à luz dos dados empíricos ou procedentes de outras fontes” (JIMÉNEZ ALEIXANDRE; DÍAZ DE BUSTAMANTE, 2003, p.360 *apud* SASSERON e CARVALHO, 2011, p.99).

Assim, entendemos que a argumentação é um elemento importante no trabalho em sala de aula na perspectiva investigativa. Isso está de acordo com as ideias de Borges (2002) sobre os laboratórios de ciências abertos como alternativa aos laboratórios de ciências fechados; isso porque, normalmente, estes exploram pouco a capacidade argumentativa dos alunos ao lançar mão da estrutura pouco dialógica, em que o passo a passo leva à conclusões que são pré-determinadas. Por isso, neste trabalho, optamos por elaborar roteiros que começam com o levantamento de hipóteses, seguido por uma série de atividades que permitam aos alunos testar as hipóteses e chegar a suas próprias conclusões.

O ensino investigativo relaciona-se diretamente com a ação discursiva do professor e sua ação é responsável por estimular a aprendizagem dos estudantes que realizam as atividades investigativas. De acordo com Machado e Sasseron (2012, p.37) os “Aspectos Discursivos do Ensino Investigativo” são quatro: 1) a criação do problema; 2) o trabalho com os dados; 3) o processo de investigação; e 4) a explicação ou internalização dos conceitos. Para auxiliar o desenvolvimento da argumentação em aulas investigativas de ciências, é importante que o professor esteja atendo aos propósitos das ações que serão desenvolvidas para atingir os objetivos de aprendizagem. Nesse aspecto, Sasseron (2013) divide esses propósitos nas categorias dos propósitos pedagógicos e dos propósitos epistemológicos.

Os propósitos pedagógicos referem-se ao desenvolvimento de ações de sala de aula que contribuem para o desenvolvimento da argumentação no espaço e tempo de uma aula.

**Figura 2-** Propósitos e ações pedagógicas do professor para promover argumentação

<b>Propósitos e ações pedagógicas do professor para promover argumentação</b>	
<b>Propósitos pedagógicos</b>	<b>Ações pedagógicas</b>
Planejamento da atividade	Definição dos objetivos, organização de materiais necessários e preparação do cronograma
Organização para a atividade	Divisão de grupos e/ou tarefas, organização do espaço, distribuição de materiais, limite de tempo
Ações disciplinares	Proposição clara das atividades e das ações a serem realizadas, atenção ao trabalho dos alunos, ações disciplinares
Motivação	Estímulo à participação, acolhida das ideias dos alunos

Fonte: Sasseron (2013)

Numa atividade investigativa o conjunto desses propósitos e ações deve estar voltado para o envolvimento do aluno como protagonista do aprendizado que se pretende alcançar. Além disso, deve-se estimular a interação entre os alunos por meio da constituição de pequenos grupos engajados em torno de uma situação problema, para que possam discutir suas ideias e checar as possíveis soluções de forma coletiva e compartilhada.

De um modo geral, o ensino de Ciências, e o de Física em particular, devem ter a clara intenção de uma formação capaz de prover condições para que os estudante possam analisar e interpretar fenômenos à luz dos conhecimentos científicos. Nesse aspecto, o ensino por investigação configura-se como importante abordagem didática desde que o processo de investigação seja colocado em prática e realizado pelos alunos a partir e por meio das orientações do professor.

Como abordagem didática, o ensino por investigação demanda que o professor coloque em prática habilidades que ajudem os estudantes a resolver problemas a eles apresentados, devendo interagir com seus colegas, com os materiais à disposição, com os conhecimentos já sistematizados e existentes. (SASSERON, 2015, p. 58)

O trabalho, na perspectiva de ensino por investigação, exige do professor atenção maior para com os estudantes. Detalhes como pequenos erros, imprecisões e hipóteses prévias devem ser valorizados no sentido de envolver o aluno com a atividade de investigação.

É um trabalho em parceria entre professor e estudantes. Uma construção de entendimento sobre o que seja a ciência e sobre os conceitos, modelos e teorias que a compõem; nesse sentido, é uma construção de uma nova

forma de vislumbrar os fenômenos naturais e o modo como estamos a eles conectados e submetidos, sendo a linguagem uma forma de relação com esses conhecimentos e também um aspecto a ser aprendido. (SASSERON, 2015, p. 58)

O ensino por investigação como abordagem didática caracteriza-se por ser uma atividade colocada em prática pelo professor que só se concretiza, efetivamente, pelas interações ocorridas entre professor, alunos, materiais e informações. Nesse sentido, o engajamento dos estudantes com as propostas trazidas pelo professor pode transformar uma tarefa burocrática em uma tarefa que gera aprendizado sobre os conceitos que se pretende ensinar.

Nas escolas públicas trabalha-se com uma diversidade muito grande de alunos, com perspectivas educacionais muito diferentes. Por isso, entendemos que uma proposta de ensino por investigação, com atividades mais abertas, pode favorecer as interações entre os alunos, aumentando a autoestima e as expectativas em relação ao processo de aprendizagem. O trabalho investigativo em grupo favorece o envolvimento com a tarefa, atribuindo ao aluno papel ativo nesse processo.



## Capítulo 3

### Experimentos didáticos em livros de ensino de Física

Este capítulo traz um breve estudo sobre a presença de experimentos didáticos em livros de ensino de Física publicados no Brasil a partir das primeiras décadas do século XX. Para isso, obtivemos acesso a um acervo particular de livros de Física e contamos também com o apoio de livros da coleção do autor e do orientador deste trabalho.

A análise foi dividida em dois períodos: antes de 1970 e após 1970. Essa escolha decorreu de uma análise prévia que mostrou a década de 1960 como um “divisor de águas” para o ensino de Ciências no Brasil devido à chegada do material do *Physical Science Study Committee* (PSSC). Por isso, consideramos que o material publicado a partir de 1970 sofre forte influência deste evento que interferiu diretamente no papel da experimentação no ensino de Física. Para o período posterior a 1970 escolhemos apenas dois autores, conforme exposto mais adiante.

#### 3.1. Os experimentos didáticos em livros de ensino de Física antes de 1970

Para fins deste estudo, tivemos acesso ao acervo particular de um colega da área que conta com uma coleção significativa de livros antigos de Física. Temos ciência da limitação que isso impõe ao estudo por saber que não se trata da totalidade dos livros publicados até 1970, porém, consideramos ser uma amostra relevante para o objetivo pretendido.

O objetivo da análise foi verificar como se dava ou quando as atividades experimentais começaram a surgir nos livros de Física. Por isso fizemos uma leitura flutuante dos 13 volumes a que tivemos acesso procurando observar, principalmente, o tipo de abordagem que era dada ao conteúdo de ensino e se havia ou não proposição de experimentos. E, em caso de ocorrência, procuramos identificar de que forma os experimentos eram tratados.

As observações foram anotadas e, posteriormente, foram organizadas em uma tabela apresentada mais adiante. De modo geral, observamos que até a

década de 1960 os livros didáticos praticamente não apresentavam propostas de experimentos para a sala de aula. Na maioria dos livros as referências aos experimentos eram apenas para ilustrar ou descrever a forma como se chegou a um determinado conceito ou teoria. A Física apresentada nesses livros era muito matematizada e com pouca ênfase conceitual, acompanhando o crescimento dos processos seletivos (vestibulares), principalmente para as faculdades de Engenharia e Medicina.

A partir do início dos anos de 1960 percebe-se que os experimentos surgiram nos livros de Física de forma que, inicialmente, se aproximava do modelo experimental da própria ciência, ou seja, de repetir experimentos para comprovar teorias. Dois marcos importantes desse processo de mudanças foram as publicações, em língua portuguesa, do livro *Física na Escola Secundária*, de Blackwood, Herron & Kelly, no final da década de 1950, e da coleção do PSSC (*Physical Science Study Committee*) em meados da década de 1960.

A partir da análise feita não temos como afirmar se as atividades práticas propostas nesses livros eram efetivadas em sala de aula. Mas, em termos de livros didáticos, representou um avanço significativo que passou a orientar as publicações de autores brasileiros a partir da década de 1970.

### 3.1.1. Síntese da leitura dos livros publicados até a década de 1970

**Tabela 1 – Análise dos livros de Física antes de 1970**

<b>Autor</b>	<b>Ano / Edição</b>	<b>Características</b>
D' Nerval de Gouveia	1902 / 6ª Edição	O livro procura explicar o fenômeno físico de maneira qualitativa, sem muitos exemplos e problemas numéricos. Não traz proposta de experimentos para os alunos fazerem. Apenas teoria, com boas figuras explicativas e poucas equações básicas.
A. de Pádua Dias	1933 / 3ª Edição	Este livro trata dos fenômenos físicos de forma qualitativa. Apresenta poucas equações matemáticas e não traz proposta de experimentos para os alunos.
Aníbal Freitas	1942 / 5ª Edição	Apresenta uma abordagem matemática aplicada à Física. Traz alguns exemplos de experimentos nos textos, para explicar a matéria em questão. Mas não tem proposta de experimentos didáticos.
Francisco Alcântara Gomes Filho	1953 / 11ª edição	Observa-se a continuidade de uma tendência no desenvolvimento de tratamentos matemáticos em detrimento da parte conceitual e experimental.

Antônio de Souza Teixeira Júnior	1954 / ?	O livro é voltado, basicamente, para resolução de problemas numéricos. Apresenta muito problemas resolvidos e propostos. A abordagem experimental da Física está ausente, tanto nos textos quanto nos problemas propostos aos alunos.
Oswald H. Blackwood Wilmer B. Herron William C. Kelly	1956 / ?	Apesar de não ter um tratamento em torno de experimentos didáticos, estimula os alunos a fazer as experiências e também um início de contextualização com as seções “você conhece?”. É um livro mais completo em termos de atividades do que os livros anteriores: tem aplicação matemática; tem exemplos de experimentos no texto; experimentos propostos aos alunos; e apresenta muitas figuras e fotografias. Pode-se se considerar como o início de uma proposta de ensino de Física mais investigativo.
Roberto A. Salmeron	1957 / 4ª Edição	Observa-se uma priorização da aplicação matemática. Não apresenta experimentos de Física no texto e nem propostos aos alunos. Apesar disso, apresenta algumas perguntas para o aluno raciocinar sobre o texto e interpretar fatos do dia a dia.
Ministério da Marinha / Manual do Aprendiz Marinheiro	1959 / ?	Este livro/apostila trata os conteúdos de Física de forma qualitativa com pouquíssimas equações matemáticas. Faz referência a alguns experimentos para exemplificar conteúdos.
Correggio de Castro	1962 / 7ª Edição	O livro apresenta teoria, equações e muitos exercícios numéricos. Não apresenta experimentos propostos aos alunos, apenas algumas referências para exemplificar o conteúdo.
Dalton Gonçalves	1965 / ?	Prioriza a abordagem matemática e cita o vestibular como referência do livro. Não apresenta proposta de experimentos didáticos.
Physical Science StudyCommittee / PSSC	1966 / 2ª Edição	Considerado como um marco no ensino de Física, o livro apresenta uma abordagem cientificista dos conteúdos, com bons textos explicativos, muitos problemas numéricos e proposta de atividades experimentais no final dos capítulos. Apresenta um guia de laboratório, com atividades: Para Casa, Classe e Laboratório. Também apresenta propostas de problemas qualitativos e quantitativos e sugestões de leituras complementares e filmes.
Irmãos Maristas	1967 / ?	Apresenta poucas equações matemáticas, poucos exemplos numéricos, muita atividade experimental, muitas experiências para o aluno fazer.
Leonel Moro	1970 / ?	Apresenta a teoria de forma resumida com muitas equações matemáticas, gráficos dos movimentos, muito exercício resolvido e para resolver (muito cálculo). Ao final de cada capítulo, traz propostas de experimentos a serem executados pelo aluno, com o objetivo de demonstrar teoria.

Acompanhando a evolução dos livros aqui analisados, percebe-se que a proposição de experimentos didáticos começa a surgir a partir da década de 1960, incentivada, principalmente, pelo movimento de reforma do ensino de Ciências impulsionado pelo PSSC. Até então os livros apresentavam conotação mais propedêutica, evoluindo gradativamente para a preparação para os vestibulares. Nesse sentido, observa-se uma ênfase nas equações matemáticas, em exemplos resolvidos e nos exercícios propostos.

Os experimentos, quando surgem, têm o propósito de comprovar a teoria. Praticamente não há proposição de experimentos didáticos que, quando surgem, continuam sendo apresentados no sentido de comprovar a teoria. Conforme citado na Tabela 2, uma mudança significativa surge a partir do PSSC; porém, percebe-se que, ao final da década de 1960, os livros tendem a um padrão como o de Leonel Moro (Tabela 1) - teoria resumida com muitas equações matemáticas, gráficos e muitos exercícios resolvidos e para resolver, com algumas propostas de experimentos no final dos capítulos – tendência prevaiente nas décadas seguintes.

### **3.2. Os experimentos didáticos em livros de ensino de Física após 1970.**

A partir da década de 1970 o livro didático começa a se popularizar em todo o país. Com isso, na área de ensino de Física surgiram diversos novos autores e editoras, além de projetos desenvolvidos por universidades públicas, tais como: Programa de Ensino de Física (PEF); Grupo de Reelaboração do Ensino de Física (GREF); Programa de Pós-Graduação em Física (Profísica), entre outros. Contudo, para fins deste trabalho, optamos por trabalhar apenas com dois livros: *Curso de Física*, de Antônio Máximo e Beatriz Alvarenga e *Os Fundamentos da Física*, de Ramalho, Nicolau e Toledo. A escolha desses livros se deu por três motivos: i) são livros publicados desde a década de 1970 até os dias atuais; ii) ainda hoje são livros muito adotados em escolas de todo o país; e iii) facilidade de acesso a suas diversas edições.

### 3.2.1. Experimentos didáticos no livro: *Os Fundamentos da Física*

Para esta análise tivemos acesso à alguns volumes da 1ª (1974) à 10ª (2010) edição. A partir da leitura flutuante desses volumes percebemos que não havia mudanças significativas entre a 1ª (1974) e a 6ª (1997) edições e entre a 7ª (1999) e a 10ª edições (2010). Por isso organizamos a análise em torno desses dois conjuntos de edições.

Da 1ª à 6ª edição o livro apresenta, logo no prefácio, a indicação de se tratar de um material voltado para exames vestibulares e que os conteúdos apresentados acompanham o rigor que esses exames exigem. Segundo os autores, o livro é destinado aos estudantes que necessitam da Física em sua formação profissional e que enfrentarão, ao fim de seu curso secundário, os exames vestibulares às escolas superiores. Por isso, muitos assuntos foram tratados segundo o nível de profundidade exigido por esses exames (RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, 1974).

Observamos que os autores assumem compromisso com uma abordagem mais profunda do conhecimento, tendo em vista a preparação para o vestibular. A apresentação não faz nenhuma referência ao uso de experimentos didáticos em sua proposta metodológica, como podemos observar na descrição abaixo.

Cada assunto é exposto *teoricamente* e com *exemplos resolvidos* que analisam, elucidam e eventualmente ampliam a *teoria* inicialmente apresentada. A seguir são *propostos exercícios* semelhantes aos resolvidos para que o estudante exercite e assimile por si próprio a teoria anterior. Ao final de cada capítulo há *exercícios propostos de recapitulação em geral e mais difíceis* e que se destinam a uma revisão da matéria; por isso, num primeiro estudo podem ser deixados de lado. Há também testes propostos ordenados em função da exposição da teoria. (RAMALHO, NICOLAU, TOLEDO, 1974, prefácio. *Grifos nossos*)

Analisando os livros observamos que a abordagem do conteúdo é semelhante àquela utilizada nas décadas anteriores, ou seja, as referências aos experimentos, ao longo do texto, são feitas apenas para comprovar e/ou exemplificar o conceito físico que está sendo estudado. É um livro teórico que trata o conteúdo com rigor e profundidade, com ênfase em exercícios e problemas de resolução numérica e sem proposição de experimentos didáticos para os alunos.

Em 1999 a obra completou 25 anos e foi lançada a sua 7ª edição. No prefácio da edição, os autores destacam os méritos que permitiram que a obra atingisse tal longevidade:

[...] a obra é revolucionária para o ensino médio no Brasil – pela correção de sua exposição teórica, pela clareza didática no desenvolvimento de conteúdos, pelo entrosamento feliz entre exercícios resolvidos e exercícios propostos e pela rica apresentação gráfica (RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, 1999, prefácio).

Entre as mudanças apresentadas para essa nova edição está a inserção de atividades experimentais, como pode ser observado na parte final do prefácio:

A edição que agora apresentamos vem ainda mais enriquecida por fatos do cotidiano, abordagem de processos tecnológicos, propostas de *atividade experimental* e *tópicos da História da Física*. Tais características demonstram o empenho sempre renovado dos autores em manter a obra atualizada e mais adequada às recentes propostas para o Ensino Médio. (RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, 1999, prefácio. *Grifos nossos*).

Entendemos que tal atualização ocorre, principalmente, em função da publicação da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LEI Nº 9.394 de 20 de dezembro de 1996) que, entre outras medidas, passa a incluir o Ensino Médio como parte final da Educação Básica, e do lançamento da primeira versão dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), em 1997, que apresentam uma perspectiva de ensino diferenciada para a área das Ciências da Natureza, pautada numa abordagem integrada entre Ciência, Tecnologia e Sociedade.

Quanto às atividades experimentais, os autores relatam que essas atividades podem ajudar o aluno a entender melhor a Física, aumentando o seu interesse por essa ciência.

[...] são propostas nesta edição, com a intenção de permitir ao aluno “por a mão na massa”, estabelecendo assim um vínculo mais profundo com a Física, o que vai permitir-lhe entender melhor essa ciência e, assim o desejamos, fascinar-se com ela. (RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, 1999, prefácio)

A tabela a seguir apresenta as principais características das edições analisadas. Ressaltamos que os volumes aos quais tivemos acesso, em cada edição, estão destacados na primeira coluna.

**Tabela 2** - Síntese da leitura da obra: Os Fundamentos da Física

Edição	Características gerais da obra
1ª Edição – 1974 (Vol.3 – Eletricidade e Física Moderna);	A obra é direcionada a estudantes que necessitam da Física para a preparação para exames vestibulares de ingresso nas escolas superiores.
2ª Edição – 1976 (Vol.1 – Mecânica);	Os assuntos são tratados com o rigor matemático e a profundidade exigida por esses exames.
4ª Edição – 1987 (Vol.1. Mecânica)	Apresentam uma série de exercícios resolvidos e exercícios propostos, quantitativos, destacando inclusive aqueles que são de difícil solução.

5ª Edição – 1989 (Vol.2. Termologia, Óptica Geométrica e Ondas);	A obra não apresenta atividades experimentais didáticas nas aulas e nem como tarefa extraclasse.
5ª Edição- 1991 (Vol.3. Eletricidade)	Os experimentos, quando citados ao longo do texto, servem para comprovar o conceito físico que está sendo estudado.
7ª Edição – 1999 (Vol.3. Eletricidade);	Em 1999, ao completar 25 anos, os autores destacam o papel revolucionário da obra para o Ensino Médio no Brasil, citando quatro motivos: (i) correção de sua exposição teórica; (ii) clareza didática no desenvolvimento de conteúdos; (iii) entrosamento feliz entre exercícios propostos; e (iv) rica apresentação gráfica.
9ª Edição – 2007 (Vol.3. Eletricidade);	A obra sofre uma significativa reformulação, com a inclusão de: fatos do cotidiano; abordagem de processos tecnológicos; propostas de atividade experimental; e tópicos da História da Física. Com isso passa a apresentar propostas de experimentos para os alunos.
10ª Edição – 2010 (Vol.3. Eletricidade)	A partir da 10ª edição as atividades experimentais passam a estar disponíveis somente <i>online</i> , no portal da editora

Fonte: Autor

Conforme destacado anteriormente, entre a 1ª e a 6ª edição do livro *Os Fundamentos da Física*, não foi observada a proposição de experimentos didáticos para os alunos. Alguns experimentos são descritos apenas para demonstrar a teoria que está sendo apresentada. Por exemplo, no primeiro capítulo do Vol.3 (1976, p. 1 e 2), a seção noção de carga elétrica, em eletrização por atrito apresenta o experimento utilizado para demonstrar a teoria sobre esse processo de eletrização. Consta o material utilizado e os procedimentos para executar o experimento e, logo após, é apresentado o resultado da atividade. Dessa forma, observamos que o experimento serve apenas para apoiar a explicação do tema abordado, sem uma clara intenção de que o aluno também faça o experimento.

Experimentos propostos para os alunos passam a fazer parte da coleção a partir da 7ª edição (1999). Mesmo assim observa-se que esses experimentos são modestos em quantidade e qualidade. Nessa edição, o volume 01 é composto por 19 capítulos, dos quais 15 apresentam proposta de atividade experimental. O volume 02 composto por 20 capítulos, mas apresenta proposta de atividade experimental em apenas seis; e o volume três que é composto por 17 capítulos e



também apresenta proposta de atividade experimental em apenas seis deles. Essas atividades são sempre propostas no final dos capítulos.

Tomando como exemplo o primeiro experimento proposto no volume 03 – Eletrização por atrito e indução eletrostática – observamos que os materiais que serão utilizados na execução do experimento vão sendo mencionados na descrição dos procedimentos. A atividade apresenta uma figura que serve para observar o que será feito. Nesse exemplo foram utilizados: a roupa do corpo do aluno, caneta de plástico, pequenos pedaços de papel (não estão na figura), torneira com filete de água. Na descrição dos procedimentos os autores já dizem o que irá acontecer, prevalecendo a ideia de que a atividade experimental serve para comprovar a teoria.

Na sequência do experimento pergunta-se ao aluno: “Por que o plástico da caneta atrai os pedaços de papel?”. Observamos que o tipo de condução do experimento deixa pouco espaço para a participação do aluno, tendo em vista que a própria pergunta já traz a indicação do que deverá ser observado.

### 3.2.2. Experimentos didáticos no livro “Curso de Física”

No caso do livro *Curso de Física* tivemos dificuldade em acompanhar as edições por motivos de mudanças de editora ocorridas a partir da década de 1990. Mesmo assim tivemos acesso aos volumes da coleção desde 1974 (5ª edição reimpressão) até a edição de 2010. Mesmo sabendo que o livro continua sendo editado até os dias atuais, optamos por manter esta amostra por julgar que não houve mudanças significativas a partir da última edição que analisamos. Também tivemos acesso ao volume único de 1999 da 1ª edição, 5ª impressão. Este livro surgiu como uma proposta alternativa ao curso em três volumes, numa versão mais condensada.

Diferente da proposta da coleção analisada anteriormente, o livro traz como proposta o enfoque nas leis gerais da Física e na aplicação dessas leis no dia a dia dos alunos, como pode ser observado na apresentação do volume único, de 1999, em que se destaca que o enfoque do livro é

[...] analisar os conceitos básicos da física, dar ênfase as suas leis gerais e destacar as principais aplicações dessa ciência, relacionando-a com o cotidiano dos estudantes. Acreditamos que, dessa maneira, estamos tornando a Física acessível e atraente a todos os alunos, isto é, procuramos



desenvolver um estudo de “física para todos”. (MÁXIMO & ALVARENGA, 1999, prefácio)

Apesar disso, observamos que os livros publicados na década de 1970 aos quais tivemos acesso não apresentavam propostas de experimentos didáticos. Estes apresentavam uma abordagem mais conceitual, porém ainda com ênfase na apresentação de questionários, problemas e problemas de vestibulares. Porém, propostas de experimentos didáticos surgem a partir da década de 1980. A segunda edição da editora Harbra, de 1987, apresenta propostas de atividades experimentais em todos os capítulos. Essas propostas são apresentadas como atividades simples, mas indispensáveis para o aprendizado da Física.

A atividade experimental, mesmo muito simples, contribui de modo significativo para a melhor aprendizagem dos conceitos envolvidos, sendo mesmo indispensável no desenvolvimento de um curso de Física. (MÁXIMO & ALVARENGA, 1987, prefácio)

Observamos ainda que, apesar de seu enfoque mais conceitual, essa coleção também não deixa de se preocupar com a preparação dos alunos para realização de concursos vestibulares, apresentando uma quantidade significativa de formulações matemáticas, problema e testes de vestibulares, além de problemas suplementares, com resoluções mais complexas. A tabela a seguir apresenta algumas características dos volumes que tivemos acesso.

**Tabela 3-** Síntese da leitura da obra: Curso de Física

Ano / Edição	Características gerais da obra
1974- 5ª Edição (Vol.4) 1976- 5ª Edição (Vol.5)	O livro apresenta abordagem conceitual com questionários, problemas e problemas de vestibulares. Não apresenta proposta de experimentos didáticos de Física.
1987 - 2ª Edição (Vol.2) 1993 – 3ª Edição (Vol.2) 1994 – 3ª Edição (Vol.3) 1997 – 3ª Edição (Vol.3)	O livro mantém a perspectiva de abordagem mais conceitual, porém sem descuidar da preparação para o vestibular com a apresentação de problemas e testes, além de problemas suplementares. Destaca a importância das atividades experimentais para o aprendizado da Física e traz propostas de experimentos simples em todos os capítulos.
1997 - 6ª Edição (Vol.3) Capa azul	Os autores destacam no prefácio que: “Em meados de 1967 nos propusemos organizar um programa completo do ensino de Física para as escolas secundárias com: Livro texto para os estudantes; . Guias para os professores; Guia de laboratório; Materiais de ensino de um modo geral.” Destacando ainda o “Gosto pela experiência e raciocínio lógico”. Tal perspectiva se aproxima da abordagem pretendida pelo PSSC já destacada no início deste capítulo.
1997 – Vol. Único	O livro segue uma tendência da época de livros em volume único com o conteúdo condensado. Mesmo em edição resumida, não abre mão da proposição de experimentais simples, para os alunos fazerem na escola ou em suas casas.

2010 – 6ª Edição (Vol.1, 2, 3)	<p>Em sua 6ª edição, pela editora Scipione, os autores mantêm a preocupação em oferecer um curso de Física interessante e agradável ao aluno.</p> <p>Foram introduzidos tópicos especiais para ampliação dos conceitos estudados, com tratamento mais qualitativo de temas interessantes e atuais envolvendo a aplicação da Física.</p> <p>As atividades experimentais são mantidas em todos os capítulos e destacadas como atividades importantes para a compreensão e o aprendizado da Física.</p>
--------------------------------	--

Fonte: Autor

A seguir apresentamos um exemplo de atividade prática proposta no livro *Curso de Física – Vol. Único* (MÁXIMO & ALVARENGA, 1999, p. 450) sobre o conteúdo de eletrização:

I- Tome um pente de plástico e, passando-o algumas vezes em seus cabelos (que devem estar limpos e secos), ele se eletrizará (poderá ser usada, em lugar do pente, uma régua de plástico atritada com lã ou em seus próprios cabelos).

1) Aproxime o pente de objetos leves, como pequenos pedaços de papel ou isopor.

2) Deixe escorrer um filete de água de uma torneira e aproxime dele o pente eletrizado.

Observe o que acontece em ambos os casos. Os pedaços de papel e o filete de água estavam inicialmente eletrizados? Explique, então, por que eles foram atraídos pelo pente.

3) Tome um canudinho de refresco (de plástico) e, após atritá-lo com lã ou nos cabelos, encoste-o em uma parede. Observe que ele permanece preso a ela, sem cair. Explique por que isso acontece.

Observamos que, logo no enunciado, os autores dizem o que vai acontecer: o corpo se eletrizará. Isso denota certo tipo de condução do experimento que deixa pouco espaço para a participação do aluno, tendo em vista que a própria pergunta já traz a indicação do que deverá ser observado. Apesar disso, atividades experimentais presentes nessa obra não apresentam um roteiro formal. Apresentam apenas uma introdução do que será feito, seguida de um passo a passo com a indicação do que deve ser executado em cada etapa. Nesse sentido, caso o professor pretenda realizar alguma dessas atividades em sala de aula, é preciso estar atento para uma leitura prévia desse passo a passo que irá indicar os materiais que deverão ser providenciados.

É perceptível que os experimentos, de um modo geral, servem para comprovar a teoria estudada, haja vista que são apresentados sempre no final dos capítulos. Apresentam poucos questionamentos e, quando isso acontece, a pergunta já vem acompanhada de uma referência à teoria que a fundamenta.

Em síntese, a análise apresentada neste capítulo mostra que a proposição de experimentos didáticos em livros de ensino de Física no Brasil começa a aparecer

com mais ênfase a partir da década de 1970, mas se consolida apenas na década de 1990, em especial, depois da publicação dos PCN. Mesmo assim, percebe-se que a proposição desses experimentos nos livros analisados não consegue ultrapassar a perspectiva de uma experimentação que serve ao propósito de comprovar ou referendar a teoria apresentada. Por esse motivo, reiteramos a proposta deste trabalho de visitar alguns experimentos de Física numa proposta de ensino por investigação.

## Capítulo 4

### Procedimentos Metodológicos

Os procedimentos metodológicos foram construídos no decorrer do trabalho. Inicialmente desenvolvemos um estudo sobre a presença de experimentos didáticos em livros de ensino de Física publicados no Brasil desde o início do século XX. Com base nesse estudo, verificou-se que as atividades experimentais surgem com mais ênfase a partir década de 1960, impulsionada pela reforma do ensino de Ciências dos Estados Unidos da América. Verificamos também que essas atividades apresentam caráter mais demonstrativo ou de comprovação da teoria ministrada. Por esse motivo, decidimos revisitar alguns roteiros de experimento numa perspectiva de ensino por investigação.

Para essa finalidade foram desenvolvidos quatro roteiros de experimentos que são apresentados no Apêndice A deste trabalho, tratando dos seguintes temas: pêndulo simples, eletrização, campo magnético e sensação térmica. Esses roteiros foram elaborados de forma a atender as etapas de um experimento investigativo, com a perspectiva de envolver os alunos em torno das seguintes ações: 1) Análise inicial do problema a resolver; 2) Elaboração de hipóteses; 3) Definição dos procedimentos; 4) Coleta de dados; 5) Análise dos dados; 6) Elaboração da conclusão. Os roteiros seguem uma estrutura em que são apresentados:

- Um breve texto introdutório com apresentação de uma questão e que leve os alunos a levantar hipóteses sobre o problema que será investigado;
- Uma sequência de atividades que permitam ao aluno explorar o problema e testar suas hipóteses;
- Uma questão que remete o aluno novamente à problematização inicial, no intuito de confrontar suas hipóteses iniciais com os resultados das atividades realizadas.

#### 4.1. Os sujeitos da pesquisa

Os roteiros foram aplicados em duas escolas, uma pública e outra particular, de um município de porte médio do interior de Minas Gerais. Na escola

particular os roteiros foram aplicados em uma turma do 3º ano do Ensino Médio, com apenas 09 alunos. Na escola pública os roteiros foram aplicados em três turmas do 3º ano e quatro turmas do 2º ano do Ensino Médio.

Para a aplicação dos roteiros, inicialmente, foi feita uma negociação com a supervisão pedagógica das escolas. A escola particular possui um planejamento mais rígido, com pouco espaço para implementação de atividades extras. Por esse motivo, tivemos que adaptar a aplicação dos roteiros, que ocorreram no horário regular de aula. Por se tratar de uma turma pequena a aplicação foi mais fácil. Na escola pública a aplicação também ocorreu no horário regular das aulas, mas com ocorrência de alguns problemas que iremos descrever a seguir.

Uma das dificuldades encontradas na escola pública foi uma greve de funcionários e professores que impediu que as atividades fossem desenvolvidas no primeiro semestre de 2017. Outro fator que causou dificuldades foi o fato de se tratar de turmas grandes, com alunos pouco motivados. Com isso a aplicação ocorreu no segundo semestre, próximo ao final do ano letivo, e o planejamento das aulas foi executado de forma mais lenta.

A escola particular não adota livro, fornecendo aos alunos apostilas elaboradas pelos próprios professores. Essas apostilas são elaboradas de acordo com o planejamento da disciplina e esse material não apresenta proposta de atividades experimentais. Já na escola estadual era adotado o livro fornecido pelo Estado (*Física – Alberto Gaspar*). Esse livro apresentava propostas de atividades experimentais. Porém, eu apenas orientava os alunos sobre essas atividades para que eles as fizessem em casa e não retomava os resultados posteriormente. Aulas experimentais não faziam parte do meu planejamento anual.

Além dos experimentos não estarem previstos no planejamento, na escola pública também há a questão do tempo reduzido para as aulas de Física, com apenas duas aulas semanais para tratar de todo o conteúdo. Apesar disso, os alunos eram incentivados a participar, todo ano, da Feira de Ciências organizada pelo Departamento de Física da UFJF. Normalmente, a montagem dos experimentos apresentados na feira era feita pelos alunos, em período extra turno, com orientação do professor em sala de aula.

A partir dos estudos feitos para fins deste trabalho passamos a perceber a importância das atividades experimentais no desenvolvimento de habilidades específicas para a área de ensino de Física e decidimos visitar alguns

experimentos recorrentes em livros de Física, através da perspectiva de ensino por investigação. Para isso foram elaborados os quatro roteiros já mencionados.

## **4.2. A elaboração dos roteiros**

Os roteiros seguem uma estrutura que começa com uma questão norteadora que estimule a curiosidade e o interesse dos estudantes pelo conteúdo abordado. A escolha dessa questão é importante porque ela deve ser capaz de despertar o interesse pelo tema e gerar discussão entre os alunos. No caso do roteiro do Pêndulo Simples a questão norteadora foi: “O que é tempo? Que fenômenos físicos podem ser empregados para medir o tempo?”. Já no roteiro do Campo Magnético a questão foi: “Como você explica o fato de uma pessoa se orientar na Terra por meio de uma bússola?”.

Essas questões são acompanhadas de uma problematização e de um pequeno texto que traz alguma curiosidade sobre o tema de estudo. A partir dessa problematização os alunos são submetidos a uma série de experiências com o objetivo de levá-los a compreender o fenômeno estudado. No processo de ensino por investigação o professor deve ter em mente que o aluno é o agente de sua própria aprendizagem, evitando o mínimo de indução no sentido de buscar uma “resposta correta”. O importante é possibilitar que cada grupo chegue a uma resposta passível de ser confrontada com a hipótese inicial e, com isso, aprimorar o entendimento do conceito e do processo de construção do próprio conhecimento. A seguir apresentamos o modelo do roteiro elaborado para o estudo do pêndulo simples, já reformulado após a aplicação.

### *4.2.1. Exemplo de Roteiro – Pêndulo Simples*

O pêndulo simples é um dispositivo composto por uma massa que oscila em torno de uma posição de equilíbrio, sustentada por um fio inextensível de massa desprezível.

### 1) OBJETIVOS

- Verificar quais as grandezas que interferem no movimento de um pêndulo simples.
- Analisar o movimento do pêndulo como base para medida de tempo.
- Estabelecer uma relação entre os elementos que constituem um pêndulo e o seu período de oscilação.

### 2) MATERIAL

- Um pedaço de cordão ou linha forte.
- Uma haste para suporte (pode ser um prego fixado numa parede ou uma caneta presa com fita adesiva sobre uma mesa).
- Um cronômetro (pode ser do celular ou relógio).
- Massas aferidas (chumbos de pesca podem servir).
- Régua.

### 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: Quanto tempo o tempo tem (Poema)

*O tempo perguntou pro tempo qual é o tempo que o tempo tem. O tempo respondeu pro tempo que não tem tempo pra dizer pro tempo que o tempo do tempo é o tempo que o tempo tem.*

Autor desconhecido

Empregamos no dia a dia, diversas formas de indicar a passagem do tempo. As mais comuns são o ano, o dia, a hora e o minuto. Mas, o que é o tempo? Que fenômenos físicos podem ser empregados para medir o tempo?

---

---

---

---

#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL

4.1) O período de um pêndulo simples é dado pelo intervalo de tempo que a massa oscilante leva para percorrer um movimento completo de ida e volta. Como variantes desse dispositivo, podemos destacar: i) o comprimento do fio; ii) o valor da massa; iii) a distância de afastamento da massa em relação à posição de equilíbrio. Quais desses elementos você considera que interfere na determinação do período de um pêndulo? Discuta com seu grupo e levante suas hipóteses, registrando no espaço abaixo.

---

---

---

---

4.2) Agora, o seu grupo deve montar o dispositivo e fazer a testagem das hipóteses que vocês levantaram na questão anterior. Os resultados observados concordam com as hipóteses levantadas? Por quê?

---

---

---

---

4.3) A partir das observações feitas, procurem estabelecer uma relação de proporcionalidade entre os elementos que vocês observaram e o período do pêndulo?

---

---

---

---



4.4) Vocês provavelmente já ouviram falar em relógios de pêndulo. Proponham uma forma de utilizar o dispositivo que vocês montaram como um relógio, ou, se preferirem, um medidor de tempo. Descreva sua proposta no espaço abaixo.

---



---



---



---

4.5) Retornem à problematização inicial (item 3) e, com base no dispositivo que vocês montaram e naquilo que foi observado durante a atividade, o que mudaria na forma como vocês definiram o tempo?

---



---



---



---

### **4.3. Breve descrição da aplicação dos roteiros nas escolas**

Conforme dito anteriormente, os roteiros foram aplicados em duas escolas, uma pública e uma particular, totalizando quatro turmas de alunos do 2º ano, todas de escola pública, e quatro turmas de 3º ano, sendo um de escola particular e três de escola pública. Para fins deste trabalho, as turmas serão identificadas por códigos assim definidos:

- TMS – turma do 3º ano da escola particular, composta por nove alunos. Participou da aplicação dos roteiros: Pêndulo simples; Eletrização e Campo Magnético.
- TFL2.1; TFL2.2; TFL2.4 e TFL2.5 – turmas do 2º ano da escola pública, com média de 30 alunos. Participaram da aplicação do roteiro: Sensação térmica. Não foi possível aplicar esse roteiro para a turma TFL2.3 porque ocorreu uma outra atividade da escola no dia previsto para aplicação.
- TFL3.1; TFL3.2 e TFL3.3 – turmas do 3º ano da escola pública, com média de 35 alunos por turma. Participaram da aplicação dos roteiros: Eletrização e Campo magnético.

#### *4.3.1. O Pêndulo simples*

Este roteiro foi aplicado apenas na turma TMS. A aplicação ocorreu no dia 29 de maio de 2017. Estavam presentes oito alunos que, no início da atividade, foram organizados em quatro duplas. Durante a execução da atividade, devido às necessidades específicas para o arranjo dos experimentos foi necessário fazer ajustes nessa configuração.

Na primeira fase da atividade (problematização), com previsão de duração de dez minutos, foi distribuído para cada grupo um pequeno texto que abordava a temática do tempo. Após a leitura foi solicitado a cada dupla que fizesse uma reflexão sobre “O que é o tempo?” e “Que fenômenos físicos podem ser empregados para medir o tempo?”. Neste momento percebemos que esse tempo seria pouco para que os alunos pudessem discutir e anotar suas hipóteses. Por isso, aumentamos para quinze minutos.

O pêndulo foi montado de duas maneiras. A primeira montagem foi mais trabalhosa, sendo construído com um pedaço de barbante grande com a massa (composta pelas arruelas) presa em uma das extremidades do barbante e a outra sendo segurada por um dos alunos. Por esse motivo foi necessária a reconfiguração do número de componentes das equipes. Cada aluno tinha uma tarefa específica durante a realização do experimento.

Numa segunda montagem foi utilizado um pedaço de barbante menor e o dispositivo foi preso numa prateleira. Dessa forma não foi preciso que ninguém segurasse o pêndulo, assim a atividade pôde ser feita em duplas. A massa era deslocada de sua posição de equilíbrio e, em seguida, era solta, passando a oscilar em torno da posição de equilíbrio. Os alunos marcavam o tempo de oscilação e faziam os registros de acordo com as questões propostas.

**Figura 3 - Pêndulo Simples.**



Fonte: Autor

Observamos que todos os alunos tiveram grande envolvimento com as atividades propostas e que houve grande interação entre eles. À medida em que realizavam os experimentos, os dados eram coletados e eles discutiam bastante a respeito do que era observado e dos resultados obtidos. Ficaram bastante surpresos quando observaram que o período de oscilação do pêndulo não dependia da massa oscilante e esse fato gerou bastante discussão.

#### *4.3.2. Eletrização*

O roteiro sobre eletrização (Apêndice B) foi aplicado nas duas escolas nas turmas TMS, TFL3.1, TFL3.2 e TFL3.3. A atividade começou com uma problematização sobre o tema:

*“Você já deve ter ouvido falar que toda matéria é composta por átomos que se organizam para formar as moléculas e que essas, por sua vez, se organizam para formar todas as coisas que conhecemos. Mas, de onde vem essa organização? O que ‘cola’ os átomos e as moléculas para formar todas essas coisas?”.*

Sobre a mesa do professor estavam os materiais para realização das atividades que compunham o experimento: algumas latinhas de alumínio e de aço,

canudinhos de plástico, régulas de plástico, bolinhas de isopor, papel alumínio, lápis, guardanapo de papel e barbante. Assim, os alunos poderiam pegar livremente os materiais para a realização dos experimentos.

Segundo roteiro proposto, primeiramente os alunos atritavam o canudinho no guardanapo de papel e encostavam na lousa ou na parede. As discussões giravam em torno do fato do canudinho de algumas equipes ter grudado no quadro enquanto o de outras não. Com isso, os alunos atritavam novamente os canudinhos até conseguirem grudá-lo na lousa. Muitos ficaram surpresos com o resultado da atividade.

**Figura 4 – Eletrização**



Fonte: Autor

Na segunda parte da atividade os alunos tinham que dobrar um canudinho e apoiá-lo pela dobra sobre a ponta de um lápis que estava preso numa tábua com a ponta para cima (Fig. 5). Depois, eles experimentavam diversas situações atritando um outro canudinho e aproximando-o do primeiro, atritando o canudinho apoiado no lápis e aproximando outro também atritado, de acordo com o que era proposto no roteiro. Aqui eles ficavam surpresos com o giro do canudinho apoiado no lápis mediante a aproximação do outro canudinho e com as mudanças no sentido do giro, conforme a configuração de carga nos dois canudos.

**Figura 5** - Alunos realizando atividade de eletrização



Fonte: Autor

A terceira atividade envolveu a montagem de um pêndulo eletrostático. Para isso, os alunos cobriram uma bolinha de isopor com papel alumínio e a amarraram numa linha de costura nº 10. Após a montagem do pêndulo, os alunos atritavam um canudinho com um guardanapo de papel e aproximava da bolinha revestida, inicialmente sem tocá-la e, depois, tocando-a com o canudinho. Aqui ficaram surpresos com a atração e posterior repulsão gerada pela interação entre a bolinha e o canudinho atritado. Observamos, neste momento, que mesmo em grupos diferentes, os alunos conversavam entre si, compartilhando ideias e as emoções do que ia acontecendo durante a execução dos experimentos.

Na turma TMS a aplicação dessa atividade ocorreu no dia 26 de junho de 2017, em duas aulas geminadas, com a presença dos nove alunos. Pelo fato da turma já ter participado da aplicação do roteiro do Pêndulo Simples, os alunos já apresentavam maior desenvoltura com esse tipo de atividade.

Nas turmas da escola pública (TFL3.1, 3.2 e 3.3) a atividade foi aplicada na semana de 06 a 10 de novembro de 2017. No geral, essas turmas tinham pouco interesse pelas aulas de Física. Com a aplicação da atividade percebemos maior envolvimento dos alunos, ao querer realizar os experimentos que eram propostos.

Por se tratar de turmas maiores tivemos que dividi-las em vários grupos, com média de cinco alunos em cada um. Essa organização ficou a cargo dos próprios alunos. Percebemos que isso gerou alguns problemas, com grupos mais ativos, outros menos e, até mesmo, alguns alunos segregados. Mesmo assim, o envolvimento foi grande. De acordo com a fala de um dos alunos: “Parece uma recreação com construção do conhecimento científico”.

#### *4.3.3. Campo Magnético*

O roteiro sobre o conteúdo de campo magnético (Apêndice C) também foi aplicado nas duas escolas, nas mesmas turmas que fizeram a atividade de Eletrização. Seguindo o propósito deste trabalho, a aplicação teve início com uma explanação do professor sobre os passos de uma atividade investigativa. Os alunos iniciaram o trabalho com a leitura de um texto e o levantamento de hipóteses sobre a questão:

*“Como você explica o fato de uma pessoa se orientar na Terra por meio de uma bússola?”*

Os materiais empregados para o desenvolvimento da atividade foram ímãs diversos (barra, disco, geladeira) e bússolas. Na turma TMS a atividade foi aplicada no dia 30 de outubro de 2017 em duas aulas geminadas. Já nas três turmas da escola pública (TFL3.1, 3.2 e 3.3) foram utilizadas duas aulas para aplicação de todo o roteiro, o que ocorreu entre 27 de outubro e 07 de novembro de 2017. As equipes foram montadas de acordo com a afinidade dos estudantes. Por isso, o número de alunos por equipe não foi uniforme.



**Figura 6 - Atividade Campo Magnético**

Fonte: Autor

A primeira atividade envolvia a manipulação da bússola para determinar a orientação Norte-Sul da Terra. Os alunos demonstraram grande interesse pelo objeto. Muitos deles já tinham ouvido falar, mas nunca tiveram a oportunidade de manusear uma bússola. Por isso, a atividade ocorreu com muito entusiasmo e curiosidade. Na sequência foram trabalhadas as interações entre a bússola e os ímãs, também com grande entusiasmo. Por fim, os alunos exploraram as interações entre os ímãs para determinar sua polaridade.

Na escola particular esta foi a terceira atividade que os alunos realizaram. Por isso, demonstraram grande facilidade na interpretação do texto e na condução das questões do roteiro. São alunos que focam na atividade, entendem os questionamentos e conduzem bem, em grupo, a solução das questões.

Na escola estadual, além das turmas ser muito grandes, a maioria dos alunos nunca teve a oportunidade de trabalhar atividades experimentais dessa forma, com maior grau de abertura e envolvimento. Os alunos apresentavam dificuldades de interpretação do texto e das questões propostas no roteiro. Alguns copiavam exatamente o que está escrito em *sites* que eles consultavam na *internet*, mesmo tendo um entendimento limitado daquilo que escreviam.

#### 4.3.4. Sensação térmica

O roteiro sobre sensação térmica (Apêndice D) foi aplicado apenas na escola pública nas turmas do 2º ano do Ensino Médio (TFL2.1, 2.2, 2.4 e 2.5). A aplicação ocorreu tardiamente, muito no final do ano, quando a escola realiza uma gincana que ocupa bastante o tempo dos alunos. Por isso, a aplicação foi feita em uma única aula ocorrida no dia 14 de novembro de 2017. Consideramos, no entanto, que essa aplicação serviu como estudo piloto para aprimoramento do roteiro sobre sensação térmica e um treinamento para que pudéssemos executar outros experimentos de forma mais tranquila e eficiente nos anos posteriores.

A atividade começou com o seguinte questionamento:

*“Por que quando tocamos a maçaneta de uma porta ela nos parece estar mais fria do que a madeira da própria porta? Discuta com o seu grupo e apresente suas hipóteses”.*

Pelo fato de a atividade ter sido desenvolvida em uma única aula, foi possível apenas aplicar o primeiro experimento, que envolvia a percepção da sensação térmica pelos alunos a partir do contato com água em temperaturas diferentes (gelada, ambiente e morna). Após esse contato, os alunos foram incentivados a relatar suas sensações por escrito e, posteriormente, medir a temperatura da água e de suas mãos com um termômetro.

**Figura 7-** Alunos realizando atividade de Sensação Térmica



Fonte: Autor



## Capítulo 5

### Resultados

Neste capítulo apresentamos os resultados e a análise das aplicações dos roteiros de experimentos investigativos. Os resultados foram obtidos a partir da observação participante em sala de aula e de registros feitos pelos alunos. Os dados foram agrupados e organizados em tabelas que relacionam as questões propostas com as respostas dadas por cada grupo de aluno.

#### 5.1 Pêndulo Simples

O roteiro do Pêndulo Simples (Apêndice A, p. 89) foi aplicado apenas na turma TMS, composta por 09 alunos do 3º ano do Ensino Médio. No dia da aplicação estavam presentes 08 alunos. As questões apresentadas aos alunos foram as seguintes:

- 1) O período de um pêndulo simples é dado pelo intervalo de tempo que a massa oscilante leva para completar um ciclo completo. Como variantes desse dispositivo, podemos destacar: i) o comprimento do fio; ii) o valor da massa; iii) a distância de afastamento da massa em relação à posição de equilíbrio. Quais desses elementos você considera que interferem na determinação do período de um pêndulo? Discuta com seu grupo e levante suas hipóteses, registrando no espaço abaixo.
- 2) Agora monte o seu dispositivo e faça a testagem de suas hipóteses. Os resultados observados concordam com as hipóteses levantadas? Por quê?
- 3) A partir das observações feitas procure estabelecer uma relação de proporcionalidade entre os elementos que você observou e o período do pêndulo.
- 4) Você provavelmente já deve ter ouvido falar em relógios de pêndulo. Proponha uma forma de utilizar o dispositivo que você montou como um marcador de tempo.
- 5) Retornando à problematização inicial, com base no dispositivo que você montou, como seria a sua definição de tempo?

Durante a atividade os alunos foram divididos em grupos que variaram a composição em função dos arranjos experimentais que eram montados. Porém, os relatórios síntese foram feitos por três grupos. As respostas dadas por esses grupos

estão sintetizadas na Tabela 4, a seguir. As partes que não foram possíveis de ser lidas foram marcadas com três pontos.

**Tabela 4 – Respostas dos alunos para o roteiro do Pêndulo Simples**

Questão	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
1	O comprimento do fio e o valor da massa interferem na determinação do período de um pêndulo. A distância de afastamento da massa em relação à posição de equilíbrio não interfere.	1) Interfere, pois aumenta a distância de afastamento. 2) Interfere, a velocidade do período. 3) Interfere, no tempo e no tamanho do período.	Todos esses elementos interferem na determinação do período de um pêndulo.
2	Não, pois o peso e a distância de afastamento não interferem.	Não. Porque o peso não interfere, e a distância de afastamento não interfere.	Não, pois o valor da massa e a distância de afastamento da massa em relação às posições de equilíbrio não interferem.
3	Nos experimentos feitos pela dupla, todos os quesitos interferem no resultado, mas o período do pêndulo mudou principalmente a ideia sobre peso e a velocidade do pêndulo.	Nas hipóteses idealizadas pela dupla, todos os quesitos interferem, mas ao analisar os resultados, o período idealizado mudou principalmente a ideia sobre o peso e a velocidade do pêndulo.	Massa- não interfere Comprimento do fio – Interfere Distância de afastamento da massa em relação à posição de equilíbrio- Não interferem
4	O tamanho do fio deve se localizar nos ajustes para os segundos e minutos e deve conter uma tecnologia para que o pêndulo não pare.	O tamanho do fio, deve estar ajustado para os segundos e minutos, e auxiliados por um mecanismo que permite o pêndulo não parar.	“NÃO FEZ A QUESTÃO” ACABOU A AULA
5	Tudo que é dimensionado por horas, que está em todo nosso dia a dia.	Algo dimensionado por horas, que está em todo o nosso cotidiano.	“NÃO FEZ A QUESTÃO” ACABOU A AULA

Fonte: Autor

Na tabela seguinte destacamos os elementos relacionados aos conhecimentos físicos elencados pelos alunos em cada uma das questões.

**Tabela 5- Pêndulo Simples: Síntese das respostas dos alunos**

Questões	Síntese das respostas
1	Comprimento – todos os grupos Massa- todos os grupos Distância de afastamento- dois grupos.
2	Não. A massa e a distância não interfere.
3	Os três grupos não descreveram a relação entre as grandezas. Para os três grupos, a massa e a distância de afastamento não interferem no período do movimento. Um grupo respondeu que o comprimento do fio interfere
4	Dois grupos indicaram que o tamanho de fio serve para ajustar o tempo e que existe alguma tecnologia para fazer com que o dispositivo não pare. O grupo 3 não respondeu essa questão.
5	Dois grupos responderam: “Tudo que é dimensionado por hora” e o grupo 3 também não respondeu essa questão.

Fonte: autor.

### *5.1.1 Análise dos dados obtidos na aplicação do roteiro do Pêndulo Simples*

Observando os dados da Tabela 5, percebemos que, para os alunos, o comprimento do fio, a massa e a distância de afastamento da posição de equilíbrio são elementos que interferem no movimento do pêndulo, afetando o seu período de oscilação. Entendemos que essas respostas podem ser consideradas como hipóteses iniciais que serão testadas ao longo do roteiro. Apesar da sua importância no processo de construção do conhecimento científico, a capacidade de levantar hipóteses é uma habilidade pouco explorada em aulas de Física regulares. O estudo que desenvolvemos no Capítulo 3 deste trabalho mostra que, em geral, os experimentos propostos em livros didáticos se ocupam mais em exemplificar a teoria do que explorar a compreensão do objeto de ensino pelos alunos.

À medida em que os alunos desenvolveram as atividades e responderam às questões propostas, eles conseguiram perceber que o período do pêndulo não muda com a variação da massa, como podemos observar na resposta dada à questão 02. Isso caracteriza uma forma de aprendizagem por investigação em que os próprios alunos podem testar suas hipóteses e, ao final, concordarem ou não com ela, reelaborando-a quando necessário.

Após a realização da atividade, os alunos chegaram à conclusão de que apenas o comprimento do fio interfere no período de oscilação do pêndulo, o que contrariou as hipóteses levantadas inicialmente. Esse fato é importante para que os alunos entendam como a ciência é construída por meio de erros e acertos.

Os alunos também percebem que para manter um relógio de pêndulo funcionando é necessário ter um dispositivo mecânico para impulsioná-lo. Apesar disso, não conseguiram dizer qual seria esse dispositivo. Isso sugere que eles reconhecem que parte da energia associada ao movimento do pêndulo é dissipada no decorrer do tempo. Por se tratar de alunos do 3º ano do Ensino Médio, essa observação mostra que eles conseguem associar a atividade proposta com conteúdos já estudados anteriormente, como a ideia de dissipação de energia, haja vista que nenhuma revisão sobre o tema foi feita antes da aplicação do roteiro.

Ao retomarmos a problematização inicial sobre o que é o tempo, as duas equipes que responderam à questão indicam tratar de algo que é dimensionado por “hora”. Isso indica que a ideia de tempo como aquilo que é mensurado pelo relógio é ainda muito forte nos alunos. Percebemos que não foi possível, por meio dessa

atividade, fazer com que os alunos construíssem um entendimento que pudesse levá-los ao estabelecimento de uma relação mais forte entre o dimensionamento do tempo e os movimentos periódicos. Talvez a escolha de um texto introdutório que dê mais ênfase a essa questão possa servir como elemento que leve a uma reflexão mais ampla sobre essa relação.

Consideramos que o fato do grupo 3 não ter respondido às duas últimas questões pode estar relacionado à falta de tempo, mas também se tratava de um grupo com alunos que apresentavam mais dificuldades na elaboração de tarefas rotineiramente propostas em sala de aula. Por isso, é importante que o professor fique atento na hora de organizar os grupos para garantir que sejam mais heterogêneos em sua composição.

Cabe destacar também que, por ser a primeira atividade desenvolvida, sentimos muita dificuldade em trabalhar de uma forma diferente da qual estávamos acostumados e deixar que os próprios alunos conduzissem a atividade.

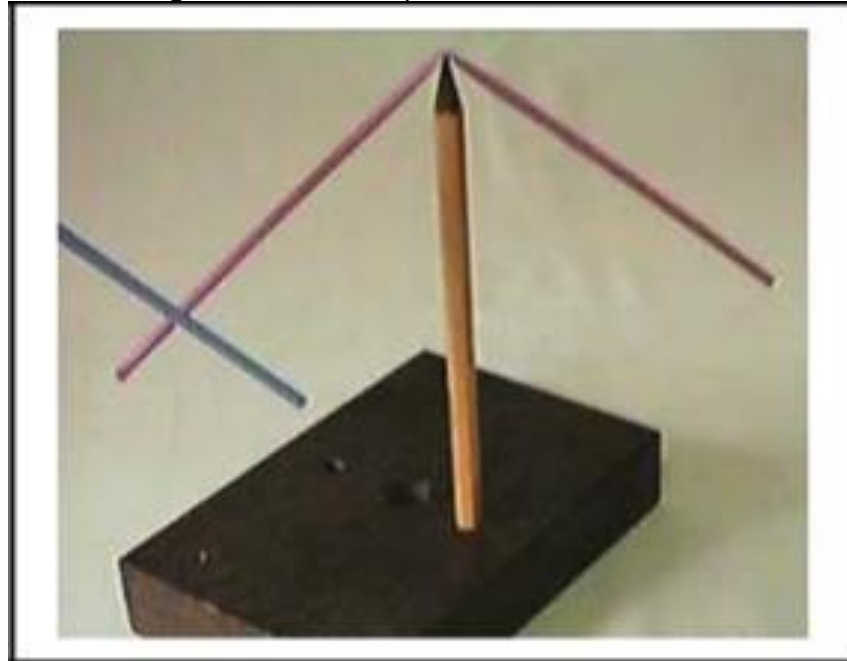
## 5.2 Eletrização

Para fins deste trabalho, o roteiro de Eletrização (Apêndice A, p. 100) foi organizado em duas partes. A primeira, referente à problematização inicial, foi composta por uma série de atividades, com o objetivo de introduzir o tema e provocar questionamentos nos alunos. Na sequência foram apresentadas as cinco questões abaixo que serão objeto desta análise.

- 1) A carga elétrica é uma das propriedades da matéria. Existem dois tipos de carga elétrica: positivas e negativas. Na natureza essas cargas se equilibram de tal forma que os corpos se apresentam eletricamente neutros, ou seja, a quantidade de carga negativa é igual à quantidade de carga positiva. Discuta com seus colegas como fazer para provocar um desequilíbrio de cargas elétricas, ou seja, fazer com que um corpo neutro passe a apresentar quantidades diferentes de cargas positivas e negativas. Levante hipóteses e registre-as no espaço abaixo.
- 2) Atrite um canudinho de refrigerante num pedaço de guardanapo e, logo em seguida, encoste-o numa parede e observe o que acontece. Por que você acha que aconteceu isso?
- 3) Agora atrite outro canudinho e apoie sobre a ponta de lápis, conforme mostrado na figura abaixo. Aproxime lentamente um segundo canudinho, sem

tocar, das extremidades do canudinho apoiado sobre o lápis e observe o que acontece. Atrite o segundo canudinho com o guardanapo, volte a aproximá-lo do canudinho que está apoiado e observe o que acontece. Houve alguma mudança em relação à primeira observação? Como você explica os fenômenos observados?

**Figura 8 - Eletroscópio de canudinho**



Fonte: Autor

- 4) Monte um pequeno pêndulo com um pedaço de linha e uma bolinha de isopor revestida com papel alumínio. Atrite um canudinho com um guardanapo e aproxime da bolinha, sem tocá-la, e observe o que acontece. Agora deixe que o canudinho atritado toque a bolinha e, novamente, observe o que acontece. Como você explica os fenômenos observados nas duas situações?
- 5) Retome sua hipótese inicial e com base no que você observou nos experimentos feitos procure reformulá-la.

O roteiro eletrização foi trabalhado em três turmas, uma da escola particular (TMS) e duas da escola pública (TFL3.1 e 3.3), todas do 3º ano do Ensino Médio. Para execução das atividades, as turmas foram divididas em pequenos grupos, com média de 5 alunos no caso da escola pública. As tabelas a seguir apresentam a síntese das respostas dos diversos grupos às questões propostas.

**Tabela 6-** Eletrização: Resumo das respostas da Turma TMS

<b>Questões</b>	<b>GRUPO 1</b>	<b>GRUPO 2</b>	<b>GRUPO 3</b>
<b>1</b>	Um corpo pode ser atritado de três formas: por atrito, indução e por contato.	Atrito, indução e contato de dois corpos.	Através do atrito.
<b>2</b>	Isso acontece porque há cargas elétricas no canudo e a carga na parede é contrária, o que faz com que eles se atraiam.	Pelo fato de aparecer cargas elétricas no canudo e a carga presente na parede ser contrária.	Pois o canudinho de refrigerante sofreu atrito, ficando com uma carga oposta à da parede.
<b>3</b>	Isso acontece porque há cargas elétricas no canudo e a carga na régua é contrária, o que faz com que eles se atraiam.	Em um dos lados o canudo atrai e do outro repele, e quando atritado novamente, invertem-se os lados.	Quando o canudo está eletrizado ele interage com o outro repelindo, se não estiver ele atrai.
<b>4</b>	A razão pela a qual isso acontece é porque no canudo estão presentes e a carga no pêndulo é contrária.	É pelo fato das cargas serem opostas (atração) e depois serem os mesmos (repulsão).	O canudo deixa de atrair a bolinha quando a toca porque passa a sua carga para ela.
<b>5</b>	Para que o evento volte a acontecer o canudinho precisa ser atritado novamente.	O canudinho deve ser atritado novamente para que o primeiro evento (atração) volte a acontecer.	Através do atrito há atração ou repulsão

Fonte: Autor

**Tabela 7-** Eletrização: Resumo das respostas da Turma TFL 3.1.

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
1	Hipóteses: Ao atritar, o material provoca o desequilíbrio das cargas elétricas.	Atritando ainda mais o canudinho e gerando mais carga positiva.	Atritando ainda mais o canudinho, gerando mais cargas	Eletrização ocorre quando um corpo neutro aproxima de outro eletrizando sem que tenha contato, dessa forma o corpo fica com falta de elétrons em uma extremidade e com excesso na outra.	“NÃO FEZ”	Tal movimentação de partículas pode se dar por atrito, indução ou contato, fazendo com que um corpo inicialmente neutro possa ganhar ou perder elétrons. Desse modo, ao esfregar um objeto em outro têm-se a troca de elétrons.	“NÃO FEZ”
2	O atrito causado pelo guardanapo no canudinho gera uma energia que faz com que o canudinho grude na parede	O atrito gerou uma corrente elétrica positiva sobre o canudo.	Atrito, causado pela corrente elétrica.	O canudo prende na parede porque cargas iguais do canudo são repelidas e a região junto ao canudo passa a ter cargas opostas. Elas, opostas, se atraem, o canudo fica preso, até a passagem de carga elétrica se neutralize o canudo, que cai escorregando.	“NÃO FEZ”	O canudo se fixa na parede por processo de atrito, ao trocar cargas com o guardanapo.	“NÃO FEZ”
3	Ele gira sem precisar encostar uma superfície na outra devido a troca de energia, eles se afastam porque as cargas são iguais.	O primeiro canudinho não se movimenta já o segundo canudinho se mexe em movimento circular	O primeiro canudinho não se movimenta. Já o segundo canudinho, se move em movimentos circulares.	O canudinho eletrizado pelo contato ou atrito. Apenas contato com dedos secos é suficiente para o surgimento de pequena carga elétrica na sua superfície.	“NÃO FEZ”	Por serem de cargas opostas, os materiais se atraíram fazendo rodar o canudo que estava equilibrado no lápis.	“NÃO FEZ”
4	O canudinho sendo positivo atrai a esferinha sendo negativa, se atraem por indução.	“NÃO FEZ”	“NÃO FEZ”	Isso acontece, porque a carga elétrica no canudinho e a bola de isopor isso acontece porque o canudinho está eletrizado e a presença do corpo polariza a bola.	“NÃO FEZ”	As cargas opostas se atraíram e ao encostar ambas saíram com cargas de mesmo sinal e módulo. Assim, ficaram neutras.	“NÃO FEZ”

5	Quando os elementos apresentam cargas iguais eles se repelem, e se apresentam cargas diferentes se atraem.	Vide o experimento observado, percebe-se que ao atritar o canudo, as cargas positivas se elevam.	Vide o experimento observado, percebe-se que ao atritar o canudo, as cargas positivas se elevam.	Quando as cargas são diferentes elas se atraem, e quando elas são iguais, elas se repelem.	"NÃO FEZ"	Vê-se então que os processos realizados no experimento são de indução, atrito e contato. Dessa forma, os corpos trocam elétrons constantemente a partir de cada tipo de força utilizada.	"NÃO FEZ"
---	--	--	--	--	-----------	--	-----------

**Tabela 8 - Eletrização – Resumo das respostas da Turma TFL 3.3**

Questão	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7	Grupo 8
1	Para provocar desequilíbrio entre as cargas basta provocar atrito, assim alguns elétrons são extraídos de um objeto para outro, fazendo assim, um objeto ficar mais carregado eletricamente do que o outro.	Atrito, indução, alguns processos químicos.	O que perde elétrons fica com excesso de cargas positivas, passando a ter mais prótons que elétrons. O que recebe elétrons negativamente fica com uma quantidade a mais de elétrons que seu número de prótons.	Quando a carga elétrica tem a mesma carga ou tudo positivo ou tudo negativo ocorre o desequilíbrio de cargas elétricas.	O corpo com pouca carga e muito elétrons.	Não fez	Não fez	Não fez
2	O canudo cola na parede. Ao atritar o canudo com o guardanapo, este fica um corpo eletricamente carregado, a tendência é que ele queira se equilibrar, tornar neutro, assim, quando o jogamos na parede, as cargas diferentes se atraem até que ele consiga se neutralizar.	Pois com o atrito o canudo perde elétrons e busca reestabilizar sendo a parede um corpo neutro acaba grudando.	Como o canudo é leve, ele é atraído pela atração que faz com que eles estejam eletrizados.	- O atrito causado pelo guardanapo no canudinho gera uma energia que faz com que o canudinho grude na parede.	Não fez	O atrito pelo guardanapo no canudo gera uma energia que faz com que o canudo grude na parede.	O atrito pelo guardanapo no canudo gera uma energia que faz com que o canudo grude na parede.	O atrito pelo guardanapo no canudo gera uma energia que faz com que o canudo grude na parede.



3	<p>Observar: Sim, o canudo atritado repele o canudo que está no lápis dependendo da extremidade para a qual você o aproxima. A medida que são colocados mais canudos, eles perdem a força repelida. O canudo do lápis se afasta por conta de <u>cargas iguais</u>.</p>	<p>Observar: Como os dois corpos estavam eletrizados positivamente, tende a se repelir, fazendo o canudinho a se mexer.</p>	<p>Sim, pois tudo se explica pelo atrito, eletrização e pela atração.</p>	<p>Ele gira, sem precisar encostar uma superfície na outra devido a troca de energia, eles se afastam porque as cargas são iguais.</p>	<p>Não fez</p>	<p>Ele gira, sem precisar encostar uma superfície na outra devido a troca de energia; eles se afastam porque as cargas são iguais.</p>	<p>Ele gira, sem precisar encostar uma superfície na outra devido a troca de energia; eles se afastam porque as cargas são iguais.</p>	<p>Ele gira, sem precisar encostar uma superfície na outra devido a troca de energia; eles se afastam porque as cargas são iguais.</p>
4	<p>O canudo carregado positivo, quanto mais próximo do pêndulo mais o atrairá, pois a tendência é de buscar elétrons para se neutralizar no outro objeto, causando assim o magnetismo visto.</p>	<p>Como o canudo estava eletrizado positivamente, ele tende a atrair a esfera, sendo que tal o condutor e quando se aproxima o canudinho, ele gruda, pois busca se reequilibrar.</p>	<p>Pois, com a atração e a eletrização faz com que puxe a bolinha.</p>	<p>O canudinho sendo positivo atrai a esfera sendo negativa, se atraem por indução.</p>	<p>Não fez</p>	<p>O canudo sendo positivo atrai a esfera sendo negativa, se atraem por indução.</p>	<p>O canudo sendo positivo atrai a esfera sendo negativa, se atraem por <i>introdução</i>. Análise: Erro grave de cópia do colega: Indução o aluno escreveu <i>introdução</i>.</p>	<p>O canudo sendo positivo atrai a esfera sendo negativa, se atraem por indução.</p>
5	<p>Em todos os experimentos houve troca de energia entre eles, e em todos há busca pela neutralização do corpo em outros objetos.</p>	<p>- Atrito, indução e alguns processos químicos  - podem alterar o equilíbrio das cargas elétricas.</p>	<p>Não fez</p>	<p>Quando os elementos apresentam cargas iguais eles se repelem e se apresentam cargas diferentes se atraem.</p>	<p>Não fez</p>	<p>Quando os elementos apresentam cargas iguais eles se repelem e apresentam cargas diferentes se atraem.</p>	<p>Quando os elementos apresentam cargas iguais eles se repelem e apresentam cargas diferentes se atraem.</p>	<p>Não fez</p>

Nas tabelas 9, 10 e 11 apresentamos a síntese das respostas de cada uma das turmas.

**Tabela 9-** Eletrização: Síntese das respostas da Turma MS

Questão	Respostas
1	Hipóteses: Corpo com carga elétrica- Atrito, contato e indução. Um corpo pode ser eletrizado de três formas: por atrito, indução e por contato. Dois grupos. Apenas atrito, um grupo.
2	<u>Canudo atritado e encostado na parede. O que acontece e porque?</u> Há cargas elétricas no canudo e que a carga na parede é contrária à carga do canudo. Respostas dos três grupos. O que faz com que eles se atraiam. Resposta de apenas um grupo.
3	Atritar um canudinho – colocar na ponta de um lápis – aproximar um 2º canudinho: O QUE ACONTECE? ATRAÇÃO. Atrite o 2º canudinho – aproxime do canudinho suspenso: O QUE ACONTECE? REPULSÃO. Há cargas elétricas no canudo de sinal contrário o que faz com que eles se atraiam. Todos os grupos.  Quando atritado novamente, repele. Dois grupos.
4	Aproximar um canudinho atritado da bolinha de papel alumínio O QUE ACONTECE: ATRAÇÃO. Canudo atritado tocar a bolinha, e, em seguida, tocar este canudo atritado na bolinha. O QUE ACONTECE? REPULSÃO. No canudo há a presença de cargas e a carga no pêndulo é contrária. Dois grupos. As cargas serem opostas, atração. Dois grupos. Quando o canudo toca na bolinha, passa a sua carga para ela e deixa de atrair esta mesma bolinha. Um grupo. Depois as cargas são iguais quando o canudo toca a bolinha (repulsão). Um Grupo.
5	Retome sua hipótese inicial: “Corpo atritado tem carga elétrica?” Para que o evento volte a acontecer, atração e repulsão entre dois corpos, o canudinho precisa ser atritado novamente.

**Tabela 10-** Síntese das respostas da Turma TFL3.1.

Questão	Respostas
1	Ao atritar o material. 3 grupos. provoca o desequilíbrio das cargas elétricas, 1 grupo e gerando mais carga positiva, 2 grupos.  Atrito, indução ou contato. fazendo com que um corpo inicialmente neutro possa ganhar ou perder elétrons. Desse modo, ao esfregar um objeto em outro têm-se a troca de elétrons. 1 grupo. Não respondeu. 2 grupos. Eletrização ocorre quando um corpo neutro aproxima de outro eletrizando sem que tenha contato, dessa forma o corpo fica com falta de elétrons em uma extremidade e com excesso na outra. 1 grupo.
2	Canudinho grude na parede; o atrito gera uma energia. O canudo prende na parede. Porque cargas iguais do canudo são repelidas e a região junto ao canudo passa a ter cargas opostas. Elas, opostas, se atraem, o canudo fica preso, até a passagem de carga elétrica se neutralize o canudo, que cai escorregando. 1 GRUPO. O canudo se fixa na parede por processo de atrito ao trocar cargas com o guardanapo. 1 grupo. O atrito gerou uma corrente elétrica positiva sobre o canudo. 1 grupo. Atrito, causado pela corrente elétrica. 1 grupo. Não respondeu. 2 grupos.

3	<p>O primeiro canudinho não se movimenta. O segundo canudinho se mexe em movimento circular. Por serem de cargas opostas, os materiais se atraíram fazendo rodar o canudo que estava equilibrado no lápis. <u>2 grupos.</u></p> <p>Ele <u>gira</u> sem precisar encostar uma superfície na outra devido a troca de energia, eles se afastam porque as cargas são iguais. 1 grupo.</p> <p>O canudinho eletrizado pelo contato ou atrito. Apenas contato com dedos secos é suficiente para o surgimento de pequena carga elétrica na sua superfície. 1 grupo.</p> <p>“Não respondeu”. 2 grupos.</p>
4	<p>O canudinho sendo positivo atrai a esferinha sendo negativa, se atraem por indução. 1 grupo.</p> <p>Há carga elétrica no canudinho e a bola de isopor está neutra. O canudinho está eletrizado e a presença do corpo eletrizado polariza a bola. <u>1 grupo.</u></p> <p>As cargas opostas se atraíram ao encostar ambas saíram com cargas de mesmo sinal e módulo. Assim, ficaram neutras. <u>1 grupo.</u></p> <p>Não respondeu. <u>4 grupos.</u></p>
5	<p>Quando os elementos apresentam cargas iguais eles se repelem, e se apresentam cargas diferentes se atraem. 2 grupos.</p> <p>Percebe-se que ao atritar o canudo, as cargas positivas se elevam. <u>2 grupos.</u></p> <p>Vê-se então que os processos realizados no experimento são de indução, atrito e contato. Dessa forma, os corpos trocam elétrons constantemente a partir de cada tipo de força utilizada. 1 grupo.</p> <p>Não respondeu. 1 grupo</p>

Fonte: Autor

**Tabela 11- Síntese das respostas da turma TFL3.3**

Questão	Resposta
1	<p>Hipóteses: Corpo com carga elétrica- Atrito, contato e indução. Provocar atrito, assim alguns elétrons são extraídos de um objeto para outro, fazendo assim, um objeto ficar mais carregado eletricamente do que o outro. 1 grupo.</p> <p>Atrito, indução, alguns processos químicos. 1 grupo.</p> <p>O que perde elétrons fica com excesso de cargas positivas, passando a ter mais prótons que elétrons. O que recebe elétrons negativamente fica com uma quantidade a mais de elétrons que seu número de prótons. 1 grupo.</p> <p>Quando a carga elétrica tem a mesma carga ou tudo positivo ou tudo negativo ocorre o desequilíbrio de cargas elétricas. 1 grupo.</p> <p>O corpo com pouca carga e muito elétrons. 1 grupo.</p> <p>Não respondeu. 3 grupos.</p>
2	<p><u>Canudo atritado e encostado na parede. O que acontece e por quê?</u></p> <p>O canudo cola na parede. Ao atritar o canudo com o guardanapo, este fica um corpo eletricamente carregado, a tendência é que ele queira se equilibrar, <u>tornar neutro</u>, assim, quando o jogamos na parede, as cargas diferentes se atraem até que ele consiga se neutralizar. 1 grupo.</p> <p>Atritado o canudo perde elétrons e busca reestabilizar. Sendo a parede um corpo neutro acaba grudando. 1 grupo.</p> <p>Como o canudo é leve, ele é atraído pela atração que faz com que eles estejam eletrizados. 1 grupo.</p> <p>O atrito causado pelo guardanapo no canudinho gera uma energia que faz com que o canudinho grude na parede. 4 grupos.</p> <p>Não respondeu. 1 grupo.</p>

3	<p>Atritar um canudinho – colocar na ponta de um lápis – aproximar um 2º canudinho: O QUE ACONTECE? ATRAÇÃO. Atrite o 2º canudinho – aproxime do canudinho suspenso: OQUE ACONTECE? REPULSÃO. Sim, o canudo atritado repele o canudo que está no lápis dependendo da extremidade para a qual você o aproxima. A medida que são colocados mais canudos, eles perdem a força repelida. O canudo do lápis se afasta por conta de <u>cargas iguais</u>.</p> <p>Como os dois corpos estavam eletrizados positivamente, tende a se repelir, fazendo o canudinho a se mexer.</p> <p>Sim, pois tudo se explica pelo atrito, eletrização e pela atração.</p> <p>Ele gira, sem precisar encostar uma superfície na outra devido a troca de energia, eles se afastam porque as cargas são iguais. 4 grupos.</p> <p>Não respondeu. 1 grupo.</p>
4	<p>Aproximar um canudinho atritado da bolinha de papel alumínio O QUE ACONTECE: ATRAÇÃO. Canudo atritado tocar a bolinha, e, em seguida, tocar este canudo atritado na bolinha. O QUE ACONTECE? REPULSÃO. O canudo carregado positivo, quanto mais próximo do pêndulo mais o atrairá, pois a tendência é de buscar elétrons para se neutralizar no outro objeto, causando assim o magnetismo visto. 1 grupo.</p> <p>Como o canudo estava eletrizado positivamente o canudo tende a atrair a esfera, sendo que tal o condutor e quando se aproxima o canudinho gruda, pois busca se reequilibrar. 1 grupo.</p> <p>Com a atração e a eletrização faz com que puxe a bolinha. 1 grupo.</p> <p>O canudinho sendo positivo atrai a esfera sendo negativa, se atraem por indução.4 grupo.</p> <p>O canudo sendo positivo atrai a esfera sendo negativa, se atraem por indução. 1 grupo.</p> <p>Não respondeu. 1 grupo</p>
5	<p>Retome sua hipótese inicial: “Corpo atritado tem carga elétrica?” Em todos os experimentos houve troca de energia entre eles, e em todos há busca pela neutralização do corpo em outros objetos. 1 grupo.</p> <p>Atrito, indução e alguns processos químicos podem alterar o equilíbrio das cargas elétricas. 1 grupo.</p> <p>Quando os elementos apresentam cargas iguais eles se repelem e se apresentam cargas diferentes se atraem. 3 grupo</p> <p>Não respondeu. 3 grupos</p>

Fonte: Autor.

### 5.2.1. Análise dos dados: Eletrização

A primeira aplicação foi feita na turma TMS. Para essa turma o roteiro disponível no Apêndice A não continha linhas para anotação das respostas dadas pelos alunos para a questão problematizadora. Esperávamos que as respostas fossem registradas no caderno ou em alguma folha. Porém, quando analisamos os registros da turma TMS percebemos que nenhum grupo respondeu à questão inicial. Por esse motivo, passamos a incluir as linhas para resposta nos roteiros que foram aplicados nas turmas TFL3.1 e TFL3.3. Entendemos que as linhas indicam para os alunos uma expectativa de resposta.

A **primeira questão** solicita aos alunos relatarem suas hipóteses sobre como proceder para provocar um desequilíbrio de cargas elétricas em corpos que são naturalmente neutros. Observando as respostas percebe-se que eles demonstraram conhecimento prévio do assunto que está sendo estudado, ao citar processos de eletrização comumente descritos nos livros didáticos.

O grupo 2 da turma TMS é bem objetivo em sua resposta ao relatar: “Atrito, indução e contato de dois corpos”. Se observa que esses alunos lembram das aulas de eletrização ministradas no início do ano. O grupo 1 da turma TFL3.1 não descreve os três processos de eletrização, cita apenas de eletrização por atrito como uma possível hipótese: “Ao atritar o material, provoca o desequilíbrio das cargas elétricas”. Parece que o processo de eletrização por atrito é o mais lembrado pelos alunos, outros grupos também citaram esse processo:

G2-TFL3.1: “Atritando ainda mais o canudinho e gerando mais carga positiva”

G2-TFL3.1: “Tal movimentação de partículas pode se dar por atrito, indução ou contato, fazendo com que um corpo inicialmente neutro possa ganhar ou perder elétrons. Desse modo, ao esfregar um objeto em outro têm-se a troca de elétrons”.

Houve grupos que não descreveram processos de eletrização, mas relatam o desequilíbrio em função da perda ou do ganho de elétrons e também do número de prótons e elétrons existentes em corpo eletrizado:

G6-TFL3.1: “O que perde elétrons fica com excesso de cargas positivas, passando a ter mais prótons que elétrons. O que recebe elétrons negativamente fica com uma quantidade a mais de elétrons que seu número de prótons”.

Concluimos que, nesta primeira questão, os alunos se afastaram pouco do conhecimento formal, citando os três processos de eletrização sem, no entanto, demonstrar um entendimento ou uma justificativa plausível para suas hipóteses. No

momento da aplicação deixamos os alunos livres, inclusive para consultas ao livro ou outros materiais que eles possuíssem. A partir de algumas respostas apresentadas percebe-se que a tendência de buscar uma “resposta correta” é muito forte, reflexo da forma de ensino tradicional predominante no contexto escolar.

A **segunda questão** solicita que os alunos atriem um canudinho de refrigerante num pedaço de guardanapo e, logo em seguida, encoste-o no quadro ou numa parede. Após observarem o que acontece, eles devem tentar explicar o ocorrido.

De um modo geral, os alunos respondem que houve atração do canudinho, que possui carga elétrica devido ao atrito com o guardanapo de papel, e o quadro negro, que também possui carga elétrica. Porém, não apresentam explicações sobre como se dá esse processo:

G1-TMS: “Há cargas elétricas no canudo. A carga na parede é contrária. O que faz com que eles se atraiam”.

Se observa, nesta e em outras respostas, que os alunos perceberam, ao atritar o guardanapo no canudo, que este ficará eletrizado. Mas não justificam a carga da parede.

A ideia de energia também aparece como explicação para o fenômeno ocorrido em alguns relatos. O grupo 1 da turma TFL3.1, por exemplo, explica que o motivo para que haja a atração entre a parede e o canudinho é a energia gerada pelo atrito, e esta energia é responsável pela atração entre esses dois corpos.

Neste caso também há respostas que se aproximam de uma conceitualização mais formal:

G1-TFL3.3: “O canudo cola na parede. Ao atritar o canudo com o guardanapo, este fica um corpo eletricamente carregado, a tendência é que ele queira se equilibrar, tornar neutro, assim, quando o jogamos na parede, as cargas diferentes se atraem até que ele consiga se neutralizar”.

O grupo relata a atração entre a parede e o canudinho de forma bem simples, acontece porque este canudinho “cola na parede”; em seguida relata o motivo, que é a eletrização que o canudo sofre ao ser atritado, utilizando informações da contextualização relatada na questão inicial sobre carga elétrica, quando diz que as cargas do canudinho e da parede tendem a se equilibrarem, neutralizando-se.

Nesta atividade ficou claro o fascínio dos fenômenos eletrostáticos em geral sobre os alunos. Todos queriam fazer o canudinho grudar na parede. Alunos de grupos diferentes procuravam ajudar uns aos outros, aumentando a interação entre

eles. Quanto ao conhecimento adquirido, percebe-se que os alunos ainda ficam muito presos aos conceitos formalizados. Há poucos casos com formulações mais originais e independentes. Isso mostra que a mudança para um o processo de ensino por investigação não é uma tarefa simples, pois requer rupturas com a forma tradicional de ensinar e aprender.

Na **terceira questão** os alunos evidenciaram o princípio da atração e repulsão das cargas elétricas ao fazer interagir dois canudinhos, sendo um deles apoiado na ponta de um lápis, em diversas situações de eletrização. De modo geral, os alunos demonstraram muito interesse pela atividade. Pela primeira vez, eles estavam experimentando, também, o processo de repulsão entre corpos eletrizados. Neste momento, percebe-se que as explicações somente em termos de eletrização já não dão conta das explicações dadas pelos grupos, gerando certa confusão, como podemos observar na resposta abaixo:

G3-TMS: “O canudo eletrizado interage com o outro canudo não eletrizado, repelindo. Se não estiver eletrizado, ele atrai”.

Neste relato foi citado a interação entre os canudinhos eletrizado e não eletrizado e o que gerou a atração entre eles e os canudinhos eletrizados, gerando a repulsão. Contudo, não há indicação de um entendimento do fenômeno observado em termos do tipo de carga elétrica. Por outro lado, o grupo 6 da turma TFL3.1 cita a ideia de cargas opostas, porém confundindo a relação de atração e repulsão.

G6-TFL3.1: “Por serem de cargas opostas, os materiais se atraíram fazendo rodar o canudo que estava equilibrado no lápis”.

Outro grupo percebe a ideia de interação à distância entre cargas elétricas ao observar que não é necessário encostar os canudinhos, mas justifica em função de uma possível troca de energia.

G1-TFL3.1: “Ele gira sem precisar encostar uma superfície na outra devido a troca de energia. Eles se afastam porque as cargas são iguais”.

Quando os alunos utilizam o termo energia supomos que há implicitamente a ideia de que uma “energia elétrica” é incorporada ao canudinho quando este é atritado. Isso pode estar relacionado à proximidade desse termo com o dia a dia dos alunos. Infelizmente não tivemos tempo para checar essa suposição. Aqui também percebeu-se a presença de respostas mais formais do tipo: “Eles se afastam porque as cargas são iguais”.



A quarta questão envolvia a montagem de um pêndulo eletrostático. Num primeiro momento, os alunos entenderam que havia carga elétrica no canudo atritado contrária à carga do pêndulo e, por isso, houve atração entre esses elementos. Até este momento, não havia entendimento sobre a possibilidade de atração entre um corpo eletrizado e outro neutro. Observaram também que, quando o canudo eletrizado toca a bolinha este transfere carga elétrica para a bolinha, justificando a repulsão entre esses elementos. A maioria dos grupos relatou que, quando o canudo toca a bolinha, eles passaram a ter cargas iguais.

Percebe-se que os alunos conseguiram explicar o fenômeno observado em termos de transferência de carga elétrica:

G3-TMS “Quando o canudo toca na bolinha, passa a sua carga para ela e deixa de atrair esta mesma bolinha”. “Depois as cargas são iguais quando o canudo toca a bolinha (repulsão)”

Apesar de vários grupos citarem outros processos de eletrização, ainda há grupos que associaram atração e repulsão a ações magnética:

G1-TMS3.3: O canudo carregado positivo, quanto mais próximo do pêndulo mais o atrairá, pois a tendência é de buscar elétrons para se neutralizar no outro objeto, **causando assim o magnetismo visto.**

Nesse sentido é importante que o professor estimule a discussão entre os grupos a fim de que os alunos possam ajustar suas ideias a partir de argumentos dos próprios colegas.

Na quinta questão os alunos deveriam retomar suas hipóteses iniciais e revê-las a partir das atividades e observações feitas. Percebemos que, pelo fato de todas as atividades terem envolvido o processo de atrito, isso ficou muito evidente para os alunos que relataram que para haver atração e repulsão entre dois corpos deve haver atrito.

G3-TMS: “Através do atrito há atração ou repelimento (op. cit.)”

Outra justificativa que apareceu em alguns relatos gira em torno da explicação dos fenômenos eletrostáticos por meio de transferência de energia.

G1-TFL3.3: “Em todos os experimentos houve (op.cit.)troca de energia entre eles”

Porém, a maior parte dos grupos conseguiu expressar algum entendimento em torno de processos que envolvem trocas de carga elétrica entre os corpos.



G6-TFL3.1: “Vê-se então que os processos realizados no experimento são de indução, atrito e contato. Dessa forma, os corpos trocam elétrons constantemente a partir de cada tipo de força utilizada.”

O fato de alguns grupos não terem respondido a questão final ou tê-lo feito de forma parcial, pode estar relacionado ao cansaço por se tratar de uma sequência de atividades relativamente longa e que exigiu esforços que os alunos não estão acostumados, sendo os protagonistas da sua própria aprendizagem. Por isso é importante que o professor esteja atento a todos os grupos ao longo de toda a atividade e que também persista na mudança de processo, entendendo de que isso ocorre de forma lenta e gradativa.

### 5.3 Campo Magnético

Esta atividade foi aplicada em quatro turmas do 3º ano do Ensino Médio, uma da escola privada (TMS) e três da escola pública (TFL3.1, 3.2 e 3.3). O roteiro da atividade foi organizado em torno das seguintes questões:

#### **Problematização inicial:**

*Como você explica o fato de uma pessoa poder se orientar na Terra por meio de uma bússola? Discuta com seus colegas de grupo e anote suas hipóteses.*

*Todos já viram uma bússola? Vocês sabem para que ela serve?.*

Coloque a bússola de seu grupo no chão e risque com um pedaço de giz a direção que a agulha da bússola indica. De uma volta pela sala e observe as direções orientadas pelas outras bússolas.

1 - Todas as bússolas indicam direções paralelas? O que poderia ter provocado um resultado diferente encontrado por outro grupo?

2 – Agora, coloque sua bússola sobre a carteira e aproxime um ímã; faça isso colocando-o em várias distâncias com relação à bússola. O que acontece com a direção indicada pela agulha da bússola?

3 – Qual é a direção que a agulha da bússola assume quando não está submetida à influência de nenhum ímã?

4 – Aproxime um ímã da bússola, como mostra a Fig. 1. Observe qual lado da agulha da bússola é atraído pelo ímã. Mude o posicionamento do ímã até que você tenha total certeza do lado que atrai a parte marcada da agulha e daquele que a repele. Marque no ímã, com durex colorido, o lado que atrai a parte marcada da agulha da bússola. Tome todos ímãs que você possui e faça essa marcação em todos eles.

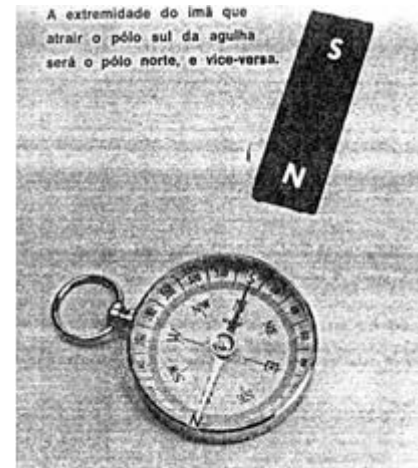


Figura 1

Q 5 - Coloque dois ímãs separados por uma distância de 1 cm, na posição indicada em (a) da Fig.2; repita o procedimento fazendo os ímãs se disporem como em (b), e depois como em (c). Descreva o que acontece em cada caso. O que vocês concluem a respeito da força que se estabelece entre os ímãs, em cada um dos itens da Fig.2

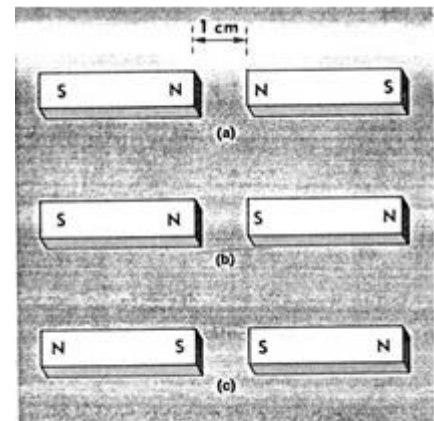


Figura 2

6 – Agora vamos utilizar o pedaço de ímã de geladeira (borracha imantada) do seu grupo. Verifique se ele já foi marcado conforme orientado na questão 4. Utilizando um estilete recorte o seu ímã conforme indicado na figura 3. Aproxime as partes cortadas e observe o tipo de interação que se estabelece entre elas.

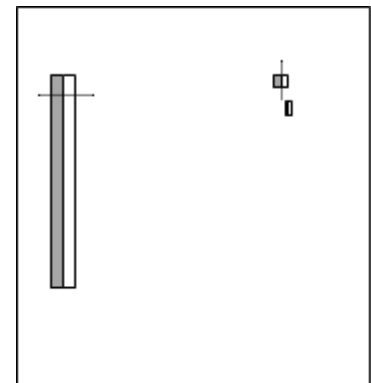


Figura 3

7 - O que você conclui a respeito das partes que foram cortadas do ímã? O que aconteceria se você continuasse cortando o ímã em pedaços cada vez menores?

8 – Agora retorne à questão inicial e procure rever as hipóteses levantadas no início dessa atividade. Elas continuam válidas? O que mudou? Que característica da Terra permite a orientação por meio de uma bússola?

As tabelas a seguir apresentam a síntese das respostas dos diversos grupos às questões propostas.

Tabela 12- Campo Magnético: Resumo das respostas TMS

Questões	GRUPO 1	GRUPO 2	GRUPO 3
<b>Questão inicial</b>	A pessoa pode se orientar com uma bússola pois os polos podem ser como ponto de referência.	A bússola está com seu ponteiro direcionado para o norte o que ocorre graças ao campo magnético terrestre.	Uma pessoa pode se orientar na Terra por meio de uma bússola por causa das forças magnéticas da Terra.
<b>1</b>	Não. O resultado diferente pode ser causado pela influência de imãs.	Não, como há várias bússolas próximas umas das outras, ocorre uma interferência magnética alterando a direção do ponteiro.	Não, algum metal, imã ou material externo.
<b>2</b>	A agulha aponta na direção do imã.	A direção muda indo em direção ao imã ao invés de ir para o norte.	A agulha da bússola indica direções aleatórias, sempre seguindo o campo magnético do imã.
<b>3</b>	Mostra as direções dos polos norte e sul da Terra.	Direção norte.	Norte-sul.
<b>4</b>	Marcar o imã com durex.	Marcar o imã com durex.	Marcar o imã com durex.
<b>5</b>	Os polos iguais se repelem e os opostos se atraem.	Em polos iguais, repele (N-N, S-S), em polos diferentes há uma atração. Na figura 2 é mostrado também um repelimento (op.cit.).	a) Repele b) Atrai c) Repele Os polos iguais se repelem e as polos opostos se atraem.
<b>6</b>	- Marcar imãs (polo norte e polo sul) - Observar o tipo de interação entre os imãs.	- Marcar imãs (polo norte e polo sul) - Observar o tipo de interação entre os imãs. - Quanto menor é um imã, menor é sua atração ou repelimento. O mesmo imã cortado se atrai ainda assim.	- Marcar imãs (polo norte e polo sul) - Observar o tipo de interação entre os imãs.
<b>7</b>	Elas continuam iguais e se continuássemos cortando só haveriam mais imãs.	Cortando o imã surgem polos norte e sul isolados quanto mais cortar mais surgirá.	Cortamos o imã em pedaços cada vez menores. Continuaremos com um polo sul e polonorte(inseparabilidade dos polos magnéticos), perdendo força.
<b>8</b>	As hipóteses continuam válidas, ou seja, na da mudou, a característica que permite são os polos magnéticos norte e sul.	Sim, não ocorreu mudanças, o campo magnético é Responsável.	<u>Por causa das forças magnéticas da Terra?</u> Sim, continuam válidas, a força magnética da Terra permite a orientação por meio de uma bússola.

Fonte: Autor



5	Eles se grudam quando colocados em "A" e se afastam quando colocados em "B".	a) Os lados permanecem opostos e nenhum são atraídos. b) Somente a parte prata é atraída. c) Somente a parte vermelha é atraída.	Os imãs se atraem.	Eles se grudam quando são colocados em A e se afastam colocados em B. Que quando os imãs estão opostos eles se atraem e quando os polos são iguais eles se <u>evitam</u> .	Eles se grudam quando colocados em A, já em B eles se afastam, pois <u>são negativos</u> . A força é grande quando a dois lados negativos.	Em (a) ocorre repulsão. Em (b) os imãs se atraem. Em (c) repulsão. a) Repulsão, (positivo com positivo). b) Atração, (positivo com negativo). c) Repulsão (Negativo com negativo) Cargas iguais se repelem, diferentes se atraem.	Eles se grudam quando colocada em A, já em B eles se afastam <u>pois são negativos</u> . A força é grande quando os <u>dois lados são negativos</u> .
6	Marcar imãs (polo norte e polo sul).	Marcar imãs (polo norte e polo sul).	Marcar imãs (polo norte e polo sul).	Marcar imãs (polo norte e polo sul).	Marcar imãs (polo norte e polo sul).	Marcar imãs (polo norte e polo sul).	Marcar imãs (polo norte e polo sul).
7	Elas não se atraem totalmente. Se cortasse em pedaços cada vez menores, uma hora iam parar de atrair.	Que tem pouca atração, se contém menores pedaços vai a cada vez menor.	Elas não se atraem totalmente. Se cortasse em pedaços cada vez menores, uma hora iam parar de se atrair.	Elas não se atraem totalmente. Se cortasse em pedaços cada vez menores, uma hora os imãs iam parar de se atrair.	Elas iriam continuar se repelindo.	Elas iriam continuar se repelindo.	Elas iriam continuar se repelindo.
8	Sim, basicamente nada. O campo magnético permite-nos entrar por meio da bússola.	NÃO FEZ	Sim. Basicamente nada. O campo magnético permite nos orientar por meio da bússola.	Sim, praticamente nada, o campo magnético permitir nos ao encontrar contra a bússola.	NÃO FEZ	Campo magnético.	NÃO FEZ

Fonte: Autor

**Tabela 14-** Campo Magnético: Resumo das resposta turma TFL3.2

Questões/Grupo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6	Grupo 7
<b>Questão inicial</b>	Hipóteses: Em um fato que a pessoa esteja perdida e deseja chegar a algum lugar ou encontra coisa que esteja ao E, W, N, S.	A bússola possui campos magnéticos gerados pelos ímãs que atraem os polos.	A pessoa tem que saber no mínimo quais são os pontos cardeais: Norte, sul, leste e oeste e as colaterais (nordeste, noroeste, sudeste e sudoeste). Com isso a bússola no ajuda a nos orientar em uma região desconhecida.	A Terra possui um campo magnético e como a bússola é magnética, ela sofre influência do campo magnético da Terra, indicando assim, sua orientação geográfica na Terra segundo os polos magnéticos.	Temos o campo magnético no centro da Terra que funciona como uma espécie de ímã gigante e como a bússola também possui um campo magnético ajuda na orientação.	Porque o ímã da bússola é atraído pelo polo sul magnético da Terra indicando as direções.	Sabendo a localização norte, sul, leste e oeste.
<b>1</b>	Não. Cada bússola se encontra em posições diferentes por estar uma em cada canto da sala.	Sim, a bússola sofreu alteração por causa do ímã que estava ao seu redor.	Quando colocamos duas bússolas uma do lado da outra elas dão um resultado de direção paralelas. A bússola é um ímã que atrai pelo centro da Terra e a direção do ímã muda conforme o espaço geográfico.	Não respondeu	- Todas as bússolas indicam direções paralelas. O que provocou um resultado diferente é a interferência do campo magnético.	Sim. Todas as bússolas indicam direções paralelas. O que poderia ter provocado um resultado diferente é a direção da agulha se manter mais fixa.	Não, porque as bússolas não são paralelas.
<b>2</b>	Quando o ímã está distante da bússola as agulhas ficam desorientado e quando está bem próximo, a sul da bússola segura o norte do ímã e o norte da bússola segue o sul do ímã.	Ela se moveu para o lado contrário do ímã.	Ela segue o ímã.	Ela muda de posição conforme o ímã é direcionado	A direção da agulha mudou.	A direção indicada pela agulha da bússola é influenciada pelo ímã pois quanto mais próximo o ímã da bússola a direção da agulha se mantém mais fixa.	A agulha fica acelerada, o ímã muda a agulha de direção.
<b>3</b>	Na direção norte e sul da terra.	Norte	- ...de qualquer ímã, aponta sempre para o polo norte terrestre	Sudeste.	A bússola aponta para a direção norte.	O lado vermelho aponta para o norte e o outro para o sul.	A direção apontada é SE.
<b>4</b>	"Não respondeu"	Não respondeu	- ímã 1- sudoeste	Não respondeu"	"Não respondeu	"Não respondeu"	A parte que a agulha aponta quando aproximamos o ímã NE MS. Com o lado vermelho apontado para NE.

5	(A e C) vão se repelir porque são polaridades iguais e a (b) se atraem porque são polaridades diferentes.	- Em (a) e em (c) os ímãs se repelem e na (b) os ímãs se atraem.	Quando os polos são iguais os ímãs se repelem e quando são diferentes eles se atraem.	(a) Polos de mesmo nome se repelem (repulsão). (b) Polos de diferentes nomes se atraem (atração). (c) Polos de mesmo nome se repelem (repulsão).	No caso A os ímãs se repelem. No caso B os ímãs se atraem. No caso C os ímãs se repelem.	No exemplo A e C mostrado na figura os ímãs se repelem e no exemplo B os ímãs se atraem.	
5	Polos iguais se repelem e diferentes atraem.	Os polos se atraem e o iguais se repelem.	A- Eles se repelem. B- Eles se atraem. C- Eles se repelem.	Os polos de mesmo nome se repelem e quando o nome é diferente há uma atração.	Concluimos que os polos iguais se repelem e o polos diferentes se atraem.	Os opostos se atraem e os lados iguais se repelem.	Norte e norte- Repele. Sul com sul- Repele. Sul com norte- Atrai
6	"Só informação	Só informação."	"Só informação."	"Só informação."	"Só informação."	"Só informação."	"Só informação."
7	Mesmo com os ímãs cortados seus polos magnéticos não mudam.	Mesmo com os ímãs cortados seus polos magnéticos não mudam	Mesmo cortando os ímãs, independente do tamanho, ele irá continuar sendo ímã.	Mesmo cortando os ímãs os polos magnéticos continuam os mesmos.	Concluimos que mesmo que os ímãs sendo cortados eles continuam com seus polos. Mesmo continuando com seus polos a força ficaria menor.	De acordo com nossa experiência, concluimos que as partes cortadas do ímã perderam um pouco de sua força de atração e repulsão. Se cortássemos o ímã em pedaços menores, perderia a força cada vez mais.	Origina novos ímãs, com polaridade norte-sul, se continuasse cortando o ímã mais ímãs criamos.
8	Sim, o polo magnético da Terra é o que permite a orientação por meio da bússola porque atraiu a agulha magnética presente nela.	Sim, o polo magnético da Terra é o que permite a orientação por meio da bússola porque atraiu a agulha magnética presente nela.	Elas continuam válidas. Não mudou nada. As características da Terra que permitem a orientação por meio de uma bússola são os polos sul e norte.	Continuam com as práticas das atividades podemos ver a atração da bússola e a influência sofrida pelo ímã. O campo magnético da Terra e seus polos magnéticos.	Continuam válidas. O que mudou é que nos atentamos aos polos norte e sul. O campo magnético da Terra permite a orientação por meio de uma bússola.	Continuam, praticamente nada mudou de acordo com a nossa hipótese inicial.	Não mudou a ideia de que orientação não depende só da bússola e da Terra, mas sim se há algum ímã influenciando.

Fonte: Autor



Tabela 15- Campo Magnético: Resumo das respostas turma TFL3.3

Questões/Grupo	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5	Grupo 6
<b>Questão inicial</b>	Pois a Terra se dá como uma espécie de imã gigante e, portanto, a bússola será capaz de guiar os polos geográficos partindo do seu próprio funcionamento e orientação através dos polos magnéticos terrestre.	A bússola, para pessoas que sabem manuseá-la, é de fundamental importância para localização de um indivíduo no planeta, pois, quem a utiliza sempre ficará ciente dos pontos cardeais, tendo em vista que ela aponta para o norte geográfico.	O fato de uma pessoa poder se orientar na Terra por meio de uma bússola é possível devido ao campo magnético que manipula a bússola, apontando o norte geográfico, facilitando a localização.	Temos princípios básicos com os pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste) e também os colaterais. O Sol nasce sempre no leste e se põe no oeste. Aponte sua mão para o Sol, esquerda oeste na frente, norte e atrás, o sul, e se guiando olhando na bússola.	Porque a bússola atua apontando a direção para onde a pessoa deseja ir. Sem a bússola não seria possível saber se está indo para o lugar certo ou saber para onde ir.	Temos como os pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste), e também os colaterais. O sol nasce sempre no leste e se põem no oeste.
<b>1</b>	Não. Um imã encontrado próximo a essa bússola e a atraindo ou, ainda, o fato de poder estar descalibrada.	Todas indicaram a mesma direção, mas se tivesse uma material com campo eletromagnético, poderia (causaria), mudança na bússola.	Sim, todas as bússolas indicam direções iguais. Poderia alterar o resultado caso estivesse desnivelada ou, com uma presença próxima de um imã.	Sim, todas as bússolas estavam indicando direções iguais, poderia alterar o resultado caso estivesse desnivelada ou com a presença próxima a um imã.	Sim, a posição da bússola.	Sim, todas as bússolas estava indicando direções iguais. Poderia alterar o resultado caso estivesse desnivelado ou com a presença próxima a um imã.
<b>2</b>	Quando próximo ao imã a agulha segue a direção que ela indicar, a medida que a afastamos a agulha vai votando a sua orientação.	O imã muda a direção da agulha da bússola, de acordo com a posição do imã.	O imã manipula a agulha da bússola modificando as direções de acordo com a posição do imã.	O imã manipula a agulha da bússola modificando as direções de acordo com a posição do imã.	Ela acompanha a direção do imã.	O imã manipula a agulha da bússola modificando as direções de acordo com a posição do imã.
<b>3</b>	Norte	O norte geográfico.	Ao norte geográfico.	Para a direção norte-sul.	Direção do norte.	Para a direção norte-sul.
<b>4</b>	Marcar o imã com durex.	Marcar o imã com durex.	Marcar o imã com durex.	Marcar o imã com durex.	Marcar o imã com durex. Sinais iguais repelem. Sinais diferentes atraem.	Marcar o imã com durex.
<b>4</b>	a) Nortexnorte= repele b) Nortexsul= atrai c) Sulxsul= repele Quando aproximamos dois imãs com cargas iguais, eles se repelem, já quando as cargas são diferentes, os imãs se atraem.	A) Como são polos iguais, ele se repelem. B) Como são polosdiferente, eles se atraem. C) Como são polos iguais, eles se repelem.	a) Os dois imãs se repeliram pelo fato de os polos serem iguais. b) Os imãs se atraíram por ser opostos. c) Os imãs se repelem por serem iguais.	a) Eles não se atraem. b) Eles se atraem. b) Eles não se atraem.	No primeiro caso eles se atraem. No segundo caso eles se repelem. No terceiro caso eles se atraem.	A- Os imãs se repelem. B- Os imã se atraem. C- Os imãs se repelem.



5	No primeiro caso, os ímãs possuem cargas iguais, assim se repele. No segundo caso, os ímãs possuem cargas diferentes, possibilitando sua atração. No terceiro caso, os ímãs possuem cargas iguais, assim atraindo com no primeiro caso.	Concluimos que quanto maior o campo eletromagnético maior força o ímã terá. Também observamos duas forças na interação de dois ímãs: Força de atração e repulsão.	Que os ímãs se atraem quando em contato com polos diferentes e se repelem quando iguais.	Todos iguais se repelem como a letra A e C. Já a letra B como são todos diferentes se atraem.	Conclui-se que dependendo direção do ímã eles podem se atrair ou repelir.	Lados iguais se repelem como a letra A e C. Já a letra B, como são lados diferentes, se atraem.
6	Marcar ímãs (polo norte e polo sul).	Marcar ímãs (polo norte e polo sul).	Marcar ímãs (polo norte e polo sul).	Marcar ímãs (polo norte e polo sul).	- Marcar ímãs (polo norte e polo sul) Eles se atraem na parte lisa.	- Marcar ímãs (polo norte e polo sul)
7	Um lado atrai e o outro repele, dependendo, dependendo de suas cargas. Se continuasse cortando, os lados iriam continuar com a mesma carga anterior.	Concluimos que, não importa o quanto corte o ímã. Ele sempre terá um polo norte e um polo sul.	Independente do tamanho do ímã ele continuará tendo polo norte e sul.	Norte e norte não se juntam. Norte e sul não há reação. Sul e sul se juntam.	Que elas se atraem. Elas continuariam se atraindo.	Norte e norte se juntam.
8	Sim, a bússola funciona através das características magnéticas da Terra, indicando norte, sul, leste e oeste.	A bússola marca o norte geográfico Da Terra, pois funciona com o campo eletromagnético, porém quando sofre interferência de um ímã muda de posição.	Sim, continuam válidas. Nada. O norte geográfico.	Sim, continuam válidas, há mudança se houver interferências externas na Terra a orientação por meio de bússolas é válido em embarcações	Sim, continua.	Não respondeu

Fonte: Autor

Observando as tabelas percebe-se que vários grupos deixaram de responder algumas questões; percebe-se também que há situações em que, aparentemente, alguns grupos copiam a resposta do outro, mas há também algumas situações em que, aparentemente, os alunos indicam alguma compreensão daquilo que foi estudado. Uma análise mais detalhada será feita na próxima seção.

### 5.3.1. Análise dos dados: Campo magnético

Este foi o terceiro roteiro aplicado à turma TMS e segundo das turmas TFL3.1 e TFL3.3. Nesse sentido, percebe-se que houve alguma evolução no comportamento dos alunos em relação ao tipo de proposta. Na turma TMS a atividade foi aplicada logo após eles terem estudado o conteúdo de campo magnético. Com isso, percebe-se que as respostas são mais padronizadas em relação ao conteúdo formal.

- TMS-G2: “A bússola está com seu ponteiro direcionado para o norte o que ocorre graças ao campo magnético terrestre.”
- TMS-G3: “Cortamos o ímã em pedaços cada vez menores. Continuaremos com um polo sul e polo norte(**inseparabilidade dos polos magnéticos**), perdendo força.”

Na perspectiva de transição de um modelo de ensino baseado na transmissão de conhecimento para uma proposta de ensino por investigação julgamos que, talvez, seria mais interessante aplicar a atividade antes de estudar o conteúdo formal para evitar repetir, mesmo que de forma inconsciente, a velha ideia de usar o experimento para comprovar a teoria. Mesmo assim, julgamos que a aplicação na turma TMS foi importante porque pudemos observar maior desenvoltura e independência dos alunos em relação à atividade do pêndulo simples.

Na escola pública esta atividade representou o primeiro contato com o conteúdo de campo magnético. Duas turmas, TFL3.1 e TFL3.3, já haviam executado o roteiro de eletrização. Mesmo assim observamos que ainda havia um pouco de imaturidade dos alunos em relação a este tipo de proposta.

Pelo fato de ter a liberdade de pesquisar sobre o assunto durante a aula, verificou-se que muitos grupos simplesmente copiavam respostas do livro ou da *internet*. A maioria dos alunos declarou que não conhecia uma bússola, mas, mesmo assim, observamos respostas do tipo:

TFL3.1-G5: “Pois a bússola é um instrumento destinado a medir ângulos horizontais necessário a oriental no terreno e na carta.”

TFL3.1-G2: “Primeiramente, para se orientar com u m bússola é preciso saber os pontos cardeais e os colaterais. Saber que o Sol nasce no leste e se põe no oeste e assim é possível saber onde fica o norte e o sul, e assim obtendo direção.”

Por outro lado, observamos maior envolvimento e interesse dos alunos pelo fato deles deixarem pouquíssimas questões sem respostas. Também observamos, em alguns casos, respostas que remetiam a uma tentativa de explicação a partir do repertório de conhecimento que eles já possuíam, como, por exemplo, usar a ideia de carga para explicar a atração e repulsão entre ímãs:

TFL3.1-G5: “(?) Eles se grudam quando colocados em A, já em B eles se afastam, pois são **negativos**. A força é grande quando a dois lados **negativos**.”

TFL3.3-G1: “No primeiro caso, os ímãs possuem **cargas iguais**, assim se repele. No segundo caso, os ímãs possuem **cargas diferentes**, possibilitando sua atração. No terceiro caso, os ímãs possuem **cargas iguais**, assim atraindo com no primeiro caso. Suas medidas são determinadas por um agulha magnetizada.”

Pelo fato da maioria dos grupos recorrem às explicações formais para o levantamento das hipóteses iniciais, pouca coisa mudou em relação ao aprimoramento dessa hipótese. Mesmo assim houve grupos em que essa hipótese foi reformulada a partir da sequência das atividades desenvolvidas.

TFL3.2-G7: “Não. Mudou a ideia de que orientação que não depende só da bússola e da Terra, mas sim se há algum ímã influenciando.”

De um modo geral, consideramos a aplicação satisfatória, principalmente em relação ao nível de envolvimento dos alunos e à curiosidade deles em relação à bússola e aos ímãs. Entendemos que a imaturidade em relação à ideia de buscar a resposta correta em fontes que eles consideram confiáveis, como os livros e a *internet*, aos poucos pode ir diminuindo à medida que o professor investir mais na proposta de ensino por investigação. Nesse sentido, também é importante destacar para os alunos que o importante não é gerar uma resposta correta, mas desenvolver o melhor entendimento a partir da compreensão dos fenômenos observados.

## 5.4 Sensação térmica

Esta atividade foi aplicada somente na escola pública em quatro turmas do 2º ano do Ensino Médio (TFL2.1, 2.2, 2.4 e 2.5). A aplicação ocorreu já no final do ano letivo de 2017, numa época em que a escola realiza uma gincana que ocupa bastante tempo dos alunos. Por isso a atividade foi desenvolvida de forma parcial, com a aplicação apenas da primeira parte do roteiro. Entendemos que isso seria importante porque os alunos dessas turmas estariam no 3º ano no período seguinte e havia a expectativa de mais uma aplicação dos roteiros de eletrização e do campo magnético em 2018, o que acabou não acontecendo.

Aqui procuramos trabalhar com um experimento bastante tradicional em livros de Física e de Ciências: a sensação térmica provocada pelo contato com a água em diferentes temperaturas. A seguir apresentamos o roteiro integral que seria aplicado aos alunos, modificado posteriormente de acordo com o Apêndice D.

### Questão problematizadora:

*Por que quando tocamos uma superfície metálica ela nos parece estar mais fria do que um pedaço de madeira? Levantar hipóteses.*

Atividade 01: Experiência com os potes

a) Esquente a água com o ebulidor (cuidado, pois o contato pode trazer graves danos de queimadura). Coloque água quente num dos potes e no outro, água gelada. No outro pote coloque água à temperatura ambiente.

b) Meça e anote a temperatura da água contida nos 3 potes. Meça também a temperatura de suas mãos.

1ª situação

c) Mergulhe uma mão no pote com água quente e a outra no pote com água gelada, simultaneamente. Aguarde alguns segundos. (Figura 1)



Figura 1

d) Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.

2ª situação

e) Retire suas mãos dos 2 potes e coloque-as rapidamente no pote do meio com água à temperatura ambiente.

f) Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.

Pense nisso I - Experiência com os potes

h) Que relação você enxerga entre os sentidos dos fluxos de calor e as temperaturas dos corpos envolvidos?

i) Compare a sensação térmica com os sentidos dos fluxos de calor.

Atividade 02:

Sensação térmica com diferentes materiais

3ª situação

j) Usando papel alumínio, massinha de modelar e chumaço de algodão, faça três bolinhas de aproximadamente 4 cm de diâmetro. Utilizando um lápis ou uma caneta, faça um buraco em cada bolinha para o encaixe do termômetro.



Figura 02

k) Segurando cada uma dessas bolinhas, você diria que a temperatura delas é diferente uma da outra? Em caso afirmativo, qual você acha que possui a maior temperatura e qual possui a menor?

l) Deixe as bolinhas aproximadamente 3 minutos sem ninguém tocá-las para que não as esquente.

m) Coloque os 3 termômetros em água gelada e espere até que a temperatura pare de variar. Retire-os da água, enxugue-os e coloque um em cada bolinha. Aguarde alguns minutos e verifique a temperatura de cada bolinha.

Compare essas temperaturas com suas afirmações da questão anterior.

4ª situação

n) Coloque novamente os 3 termômetros numa vasilha com água gelada até que a temperatura deles pare de variar.

o) Retire os 3 termômetros dessa vasilha e enxugue-os.

Importante: os termômetros devem sair ao mesmo tempo da água e imediatamente serem colocados nas bolinhas.

p) Observe, logo a seguir, em qual termômetro a coluna de líquido sobe mais rápido e em qual sobe mais devagar.

q) Desenhe cada bolinha com seu respectivo termômetro e o fluxo de calor entre eles, indicando-o por setas mais finas ou mais grossas.

5ª situação

r) Com uma de suas mãos segure o objeto de madeira e com a outra o objeto de metal.

s) Descreva as sensações térmicas que você teve em cada mão. A temperatura deles é diferente?

t) Desenhe cada mão com o objeto que estava segurando indicando com setas mais finas ou mais grossas os fluxos de calor entre sua mão e o objeto.

Pense nisso II - Sensação térmica com diferentes materiais

u) Na terceira situação (bolinhas de 4cm), julgue se a sensação térmica é uma boa indicadora de temperatura.

v) Na quarta situação (3 termômetros numa vasilha com água gelada), que relação você pode estabelecer entre fluxo de calor e a rapidez com que a coluna do termômetro “sobe”?

w) Na quinta situação (segure o objeto de madeira), você diria ou não que os corpos de madeira e de metal, antes de você tocá-los, estavam à mesma temperatura? Explique.

x) Ainda na quinta situação, que relação você pode estabelecer entre tipo de material e fluxo de calor?

y) Analisando as três partes, da 4ª situação, que relação você pode estabelecer entre o sentido e a intensidade dos fluxos de calor e a sensação térmica de frio ou quente?

A seguir apresentamos uma síntese das respostas dos alunos, lembrando que o roteiro foi aplicado somente até o item “j”.

**Tabela 16- Sensação térmica: Resumo das respostas da turma TFL2.1**

Questão/grupo	1	2	3	4	5	6
<b>Questão inicial Problematização</b>	Por que quando tocamos uma superfície metálica ela nos parece estar mais fria do que um pedaço de madeira? Levantar hipóteses.					
	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>Questão texto</b>	Lendo o texto e após discussão da equipe, escreva as hipóteses prováveis sobre “sensação térmica”.					
	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>a</b>	Esquente a água com o ebulidor (cuidado, pois o contato pode trazer graves danos de queimadura). Coloque água quente num dos potes e no outro, água gelada. No outro pote coloque água a temperatura ambiente.					
	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>b</b>	Meça e anote a temperatura da água contida nos 3 potes. Meça também a temperatura de suas mãos.					
	Mão direita fria. Mão esquerda quente	Mão direita fria. Mão esquerda quente	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>c Atividade</b>	1ª situação: Mergulhe uma mão no pote com água quente e a outra no pote com água gelada, simultaneamente. Aguarde alguns segundos. (Figura 1)					
<b>d</b>	Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.					
	Sensação térmica do pote, frio ficou quente e o outro pote a mão ficou fria	Direita quente. Esquerda fria.	Não respondeu	Mão direita fria. Mão esquerda quente.	Mão esquerda que estava no pote frio se aquece à temperatura ambiente e a mão direita estava no pote quente se esfria.	Mão direita quente, mão esquerda fria.
<b>e Atividade</b>	2ª situação: Retire suas mãos dos 2 potes e coloque-as rapidamente no pote do meio com água à temperatura ambiente.					
<b>f</b>	Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.					
	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Mão direita quente. Mão esquerda fria.		
<b>h</b>	Que relação você enxerga entre os sentidos dos fluxos de calor e as temperaturas dos corpos envolvidos?					
	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu		
<b>i</b>	Compare a sensação térmica e os sentidos dos fluxos de calor.					

Fonte: Autor

Tabela 17- Sensação térmica: Resumo das respostas da turma TFL2.2

Questão/grupo	1	2	3	4	5	6
<b>Questão inicial Problematização</b>	Por que quando tocamos uma superfície metálica elas nos parece estar mais fria do que um pedaço de madeira? Levantar hipóteses.					
	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>Questão texto</b>	Lendo o texto e após discussão da equipe, escreva as hipóteses prováveis sobre “sensação térmica”.					
	Não respondeu	A sensação térmica seria aquilo que a nossa pele consegue sentir (frio ou quente).	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>a</b>	Esquente a água com o ebulidor (cuidado, pois o contato pode trazer graves danos de queimadura). Coloque água quente num dos potes e no outro, água gelada. No outro pote coloque água a temperatura ambiente.					
	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	. Temperatura ambiente: 19°C . No pote com água: 19°C	. Temperatura ambiente: 19°C. . Água gelada: 11°C. . Água quente: 40°C.
<b>b</b>	Meça e anote a temperatura da água contida nos 3 potes. Meça também a temperatura de suas mãos.					
	Ambiente: 19°C Água gelada: 11°C Água quente: 40°C Mão: 24°C	Ambiente: 19°C Água fria: 17°C. Água gelada: 11°C Água quente: 40°C Mão: 24°C	1° pote: 20 à 22 °C 2° pote: 7°C	Ambiente: 19°C Água fria: 17°C. Água gelada: 11°C Água quente: 40°C mão- 24°C	. Temperatura da água quente: 40°C. . Temperatura das mãos: 26°C. . Temperatura da água: 19°C.	. Temperatura da água quente: 40°C. . Temperatura das mãos: 27°C. . Temperatura ambiente do pote com água: 19°C. . Água gelada: 11°C
<b>c Atividade</b>	1ª situação					
	Mergulhe uma mão no pote com água quente e a outra no pote com água gelada, simultaneamente. Aguarde alguns segundos. (Figura 1)					
<b>d</b>	Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.					



	Mão direita- quente. Mão esquerda- gelada. Temperatura ambiente- As duas mãos formigando. Esquerda- quente. E as temperaturas alternam.	Direita quente (água quente). Esquerda fria- queimando (água gelada) Temperatura ambiente- direita gelada e formigando. Esquerda- quente.	. Quente a mão esquerda fria mais queimando. . Quentinho direita, esquerda fria. . Mão direita quente. . Esquerda gelada.	. Mão direita- gelada, formigando. . Mão esquerda quente.	. A mão direita estava quente e direita fria.	1° mão direita quente e mão esquerda gelada. 2° mão direita quente demais e esquerda fria. 3° mão direita quente e mão esquerda fria. 4° direita quente e esquerda fria.
<b>e</b> <b>Atividade</b>	2ª situação Retire suas mãos dos 2 potes e coloque-as rapidamente no pote do meio com água à temperatura ambiente.					
	Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.					
<b>f</b>	Água na temperatura ambiente, as mãos formigando e as temperaturas altera, a da água quente fica fria e a fria fica morna.	. Direita gelada e formigando. .	A mão direita fria e a esquerda morna.	A mão direita fria e a esquerda morna.	A mão direita fria, e a esquerda quente.	. 1° mão direita gelada e formigando. . 1° mão esquerda quente. . 2° direita gelada e esquerda morna. . 3° direita muito fria e esquerda morna. 4° direita gelada esquerda morna.
<b>h</b>	Que relação você enxerga entre os sentidos dos fluxos de calor e as temperaturas dos corpos envolvidos?					
	Não respondeu	$\Delta t$ - maior quantidade de calor. $\Delta t$ - menor quantidade de calor (perda).	Não respondeu	Não respondeu	. Em temperaturas mais altas o fluxo de calor é menor, por isso é mais quente. . Em temperaturas mais baixas o fluxo de calor é maior, por isso é mais frio.	. Em temperaturas mais altas o fluxo de calor é menor, por isso é mais quente. . Em temperaturas mais baixas o fluxo de calor é maior, por isso é mais frio.

<b>i</b>	Compare a sensação térmica e os sentidos dos fluxos de calor.					
	Não respondeu	A água estava em temperatura ambiente, porém com a temperatura de nossas mãos, um pote aumentou e outro diminuir a temperatura.	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	. Maior sensação térmica- fluxo de calor menor. . Menor sensação térmica- fluxo de calor maior.

Fonte: Autor

**Tabela 18-** Sensação térmica: Resumo das respostas da turma TFL2.4

Questão/grupo TFL2.4	1	2	3	4	5	6
<b>Questão inicial</b>	Por que quando tocamos uma superfície metálica ela nos parece estar mais fria do que um pedaço de madeira? Levantar hipóteses.					
<b>Problematização</b>	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>Questão texto</b>	Lendo o texto e após discussão da equipe, escreva as hipóteses prováveis sobre "sensação térmica".					
	Não respondeu	A sensação térmica seria aquilo que a nossa pele consegue sentir (frio ou quente).	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>a</b>	Esquente a água com o ebulidor(cuidado, pois o contato pode trazer graves danos de queimadura). Coloque água quente num dos potes e no outro, água gelada. No outro pote coloque água a temperatura ambiente.					
	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu	Não respondeu
<b>b</b>	Meça e anote a temperatura da água contida nos 3 potes. Meça também a temperatura de suas mãos.					

	35°C a mais quente. . 16°C mais fria. . 21°C ambiente.	. Gelada: 16°C. . Quente: 35°C. . Ambiente: 21°C.	. Pote quente: 36°C . Pote temperatura ambiente: 21°C . Pote frio: 16°C.	. Fria: 13°C. . Quente: 35°C. . 3° pote: 16°C	. Ambiente: 18°C . água quente: 35°C. . mão direita: 24°C . mão esquerda: 21°C. . água gelada: 13°C. . água fria: 16°C.	. água quente: 18°C. . água normal: 17°C. . Água fria: 13°C
<b>c</b> <b>Atividade</b>	1ª situação Mergulhe uma mão no pote com água quente e a outra no pote com água gelada, simultaneamente. Aguarde alguns segundos. (Figura 1)					
<b>d</b>	Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.					
	. Direita- quente. . Esquerda- fria.	. Mão direita quente. . Mão esquerda fria.	. A mão direita dá uma sensação de calor (quente) e a esquerda fria (gelada).	. No primeiro par de potes, o da direita estava quente e o da esquerda fria, no segundo par a mão direita ficou numa temperatura confortável e a esquerda com formigamento.	. A mão direita água fria- 13°C- esfriando. . Mão esquerda água 18°C- aquecendo.	. A mão direita estava quente e a esquerda fria.
<b>e</b> <b>Atividade</b>	2ª situação Retire suas mãos dos 2 potes e coloque-as rapidamente no pote do meio com água à temperatura ambiente.					
<b>f</b>	Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.					
	. Direita- um resfriamento mais rápido. . Esquerda- uma temperatura mais ambiente.	. Mão direita esfriando. . Mão esquerda esquentando.	A esquerda apresenta uma sensação mais agradável e a direita uma sensação de frio com uma sensação estranha.	. Mão direita calor. . Mão esquerda frio.	. Para a mão direita estava gelada. . Mão esquerda estava resfriando na água gelada.	. A mão direita tomou um choque térmico e começou a formigar. . Já a mão esquerda ficou bem confortável, parecia estar se aquecendo.

<b>h</b>	Que relação você enxerga entre os sentidos dos fluxos de calor e as temperaturas dos corpos envolvidos?					
	Não respondeu.	Não respondeu.	É mais quente porque o fluxo é pequeno e mais frio o fluxo de calor é maior.	Uma mão perde calor mais rápido que a outra.	Um perde mais calor que o outro dando assim a reação térmica. . Mão direita água fria 13°C- esfriando. . Mão esquerda- água quente- aquecendo.	. Se a temperatura está quente é porque o fluxo de calor é pequeno. . Se está frio é porque o fluxo de calor é grande.
<b>i</b>	Compare a sensação térmica e os sentidos dos fluxos de calor.					
	Não respondeu.		Não respondeu.	. A sensação da mão direita é calor e a sensação da mão esquerda é frio.	Não respondeu.	. Temperatura elevada significa que o fluxo de calor é pequeno. . Já a temperatura mais baixa significa que o fluxo de calor é intenso.

Fonte: Autor

**Tabela 19-** Sensação térmica : Resumo das respostas da turma TFL2.5

Questão/grupo	Grupo1
<b>Questão inicial</b>	Por que quando tocamos uma superfície metálica ela nos parece estar mais fria do que um pedaço de madeira? Levantar hipóteses.
<b>Problematização</b>	Não respondeu
<b>a</b> <b>Atividade</b>	Esquente a água com o ebulidor (cuidado, pois o contato pode trazer graves danos de queimadura). Coloque água quente num dos potes e no outro, água gelada. No outro pote coloque água a temperatura ambiente. .
<b>b</b>	Meça e anote a temperatura da água contida nos 3 potes. Meça também a temperatura de suas mãos. . Temperatura ambiente: 18 °C . Temperatura da mão: 24 °C . Temperatura água gelada: 11 °C . Temperatura água quente: 40 °C

<b>C</b> <b>Atividade</b>	1ª situação Mergulhe uma mão no pote com água quente e a outra no pote com água gelada, simultaneamente. Aguarde alguns segundos. (Figura 1)
<b>d</b>	Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão.
	Esquerda- Muito gelada Direita- morna
<b>e</b> <b>Atividade</b>	2ª situação Retire suas mãos dos 2 potes e coloque-as rapidamente no pote do meio com água à temperatura ambiente.
<b>f</b>	Descreva a sensação térmica que você teve para cada mão. . Direita- gelada . Esquerda- quente
<b>h</b>	Que relação você enxerga entre os sentidos dos fluxos de calor e as temperaturas dos corpos envolvidos? Que as temperaturas se invertem.
<b>i</b>	Compare a sensação térmica e os sentidos dos fluxos de calor. Sensação de frio extremo e calor extremo.

Fonte: Autor

#### *5.4.1. Análise dos dados: Sensação Térmica*

A escola em que a atividade foi aplicada possuía na época cinco turmas do 2º ano do Ensino Médio, denominadas: TFL2.1, TFL2.2, TFL2.3, TFL2.4 e TFL2.5, sendo que, nesta última turma, a TFL2.5, é uma turma pequena composta por apenas 10 alunos e, por isso, foi a escolhida para iniciarmos a aplicação do roteiro. As outras são turmas grandes e, por isso, foram divididas em grupos com média de cinco alunos cada. Cabe destacar ainda que não foi possível aplicar a atividade para a turma TFL2.3 pelo fato de esta estar envolvida em uma outra atividade escolar no dia da aplicação.

Uma das dificuldades que enfrentamos para aplicação desta atividade foi o fato de ter que lidar com água quente dentro de sala de aula sem envolver riscos para os alunos. Por isso, optamos pela compra de um aquecedor elétrico que permite que o processo de aquecimento seja feito até mesmo pelos próprios alunos, alertando para as condições de riscos que o equipamento também oferece. Outra dificuldade enfrentada foi o fato da aplicação ter ocorrido em meados de novembro, quase no final do ano letivo, o que impossibilitou a aplicação do roteiro completo.

Aqui também percebemos a dificuldade na mudança de perspectiva de ensino, haja visto que nenhum dos grupos levantou hipóteses em relação a problematização inicial e que uma grande parte das questões também ficaram sem respostas. Percebemos que a descrição das percepções é o registro de dados são feitos com certa desenvoltura e tranquilidade. Porém, os alunos demonstram pouco entendimento em questões que exigem posicionamento mais complexo, como, por exemplo, em algumas respostas dadas ao item j, que pede para comparar a sensação térmica com os sentidos de fluxo de calor:

TFL2.5-G1: “Sensação de frio extremo e calor extremo”

TFL2.4-G6: “Temperatura elevada significa que o fluxo de calor é pequeno. Já a temperatura mais baixa significa que o fluxo de calor é intenso.”

Apesar de o roteiro ter sido aplicado só uma vez e de forma parcial, percebemos um grande interesse e curiosidade dos alunos em relação às atividades propostas. As sensações de frio e calor provocadas na troca da mão de um pote para outro causavam bastante surpresa e outros alunos queriam experimentar.

Nesse sentido, julgamos que a atividade cumpriu seu objetivo de iniciar esses alunos na proposta de ensino por investigação. Nossa expectativa era de que pudéssemos, pelo menos, aplicar o roteiro de Eletrização para esses mesmos alunos no primeiro período de 2018. Infelizmente, por motivos diversos, isso não foi possível.

Observando o comportamento dos alunos nas atividades aqui apresentadas, percebemos que a qualidade do processo de ensino e aprendizagem melhora significativamente quando o aluno se torna mais ativo por meio de atividades de experimentação orientadas por um processo de ensino por investigação. Isso ficou evidente tanto nas falas dos alunos quanto na percepção de outros professores e da própria direção da escola, que relatou ter observado nítida diferença na postura dos alunos a partir da introdução dessas atividades nas aulas de Física.

## Capítulo 6

### Considerações Finais

Pelo que foi observado no decorrer deste estudo, existe um consenso de que as atividades experimentais desempenham importante papel no ensino e na aprendizagem de Física. Apesar disso, ainda elas são pouco utilizadas em sala de aula e, quando isso acontece, são apresentadas apenas como complemento para validar a teoria estudada.

Neste trabalho buscamos lançar um olhar diferente para as atividades experimentais a partir do enfoque em uma perspectiva de ensino por investigação. Nessa perspectiva entendemos que as atividades experimentais devem ser orientadas por ações que envolvem: 1) Análise inicial do problema a resolver; 2) Elaboração de hipóteses; 3) Definição dos procedimentos; 4) Coleta de dados; 5) Análise dos dados; 6) Elaboração da conclusão. A partir disso, elaboramos um conjunto de quatro roteiros de experimentos (Apêndice A) sobre os temas: Pêndulo Simples; Eletrização; Campo Magnético e Sensação Térmica, que seguem a seguinte estrutura:

- Um breve texto introdutório com apresentação de uma questão que leve os alunos a levantar hipóteses sobre o problema que será investigado.
- Uma sequência de atividades que permitem ao aluno explorar o problema e testar suas hipóteses.
- Uma questão que remete o aluno novamente à problematização inicial, no intuito de confrontar suas hipóteses iniciais com os resultados das atividades realizadas.

Esses roteiros foram aplicados em duas escolas, uma pública e uma particular, para alunos do 2º e do 3º ano do Ensino Médio. A partir dessas aplicações, tivemos a oportunidade de observar o impacto dessa proposta metodológica no envolvimento dos alunos com os conteúdos de ensino e no desenvolvimento de habilidades relacionadas à própria construção do conhecimento científico. Também, a partir dessas observações, foi possível reelaborar os roteiros de forma a apresentá-los na forma de um produto educacional que pode ser apropriado por outros professores de Física.



Durante a aplicação percebemos que o aluno está acostumado com aulas teóricas, sem o uso de materiais que permitam explorar os conteúdos de forma mais ativa. Na realização de atividades experimentais há uma mudança de postura do aluno que passa a apreender os conceitos de forma mais significativa, aumentando seu interesse e motivação para o aprendizado da Física.

Foi possível perceber que o dinamismo provocado pelas aulas investigativas fez com que os alunos se mostrassem mais interessados nas aulas seguintes, lendo e interpretando textos e realizando pesquisa sobre os conteúdos de ensino. A atividade investigativa despertou o interesse em aprofundar o estudo sobre os fenômenos que foram observados na prática.

As atividades investigativas também ajudaram a melhorar o relacionamento entre os alunos. Trabalhando em grupos eles conversaram entre si, ou mesmo com colegas de outros grupos, para buscar ideias para elaboração de um texto de acordo com o solicitado pelo roteiro. Com isso, enquanto professor, foi possível conhecer melhor as habilidades dos meus alunos. Alunos que antes demonstravam dificuldades no aprendizado da matéria apresentaram facilidade para execução de experimentos práticos. Isso melhorou a inclusão desses alunos, aumentando inclusive sua autoestima. Percebemos que alguns já trazem habilidades de casa ou de profissões que já desenvolvem e que as aulas tradicionais não permitem revelar.

Entendemos que os alunos também desenvolveram maior senso de responsabilidade. Perceberam na elaboração dos experimentos que devem ter cuidado para não danificar o aparelho ou equipamento que está sendo utilizado, como por exemplo, ligar o aquecedor na tomada sem que o mesmo esteja imerso em água. Estabeleceram também relações mais efetivas entre o que eles estudam na Física e a atividade que desenvolvem no seu dia a dia.

Diante do exposto, compreende-se que o envolvimento com este trabalho melhorou a qualidade das aulas. Despertou mais alegria, satisfação e motivação para ensinar em uma “aula que passa mais rápido” por ser agradável, leve e que prender a atenção dos alunos.

Conforme descrito na apresentação contida na Introdução deste trabalho, divido minha atuação no magistério em três partes. Primeiro lecionei Física como profissional da área técnica. Depois, procurei melhorar a qualidade das aulas que lecionava buscando a formação docente em um curso de Ciências com licenciatura

plena em Física; por fim, depois de longos anos de magistério, procurei aperfeiçoar meus conhecimentos por meio do Mestrado Profissional em Ensino de Física.

Com o estudo adquirido neste Mestrado, é perceptível, principalmente através do desenvolvimento dos alunos, que houve grande melhora na qualidade das aulas lecionadas. Observa-se tal evolução em função da recepção dos alunos, que passaram a participar mais das aulas e, inclusive, melhoraram o desempenho nas avaliações.

O principal ganho para o professor ao aplicar o ensino por investigação está em poder participar, de forma mais efetiva, da formação de seus alunos por meio de uma nova metodologia de ensino que reduz a perspectiva de transmissor de conhecimento e aumenta o trabalho de orientação da aprendizagem, levando o aluno a realizar as coisas, a colocar a “mão na massa”.

Para o alcance desse resultado, não basta seguir um roteiro. É necessário que o professor esteja atento àquilo que acontece no seu dia a dia, em adquirir materiais e equipamentos e, principalmente, ter ideias para realizar os experimentos, orientar os alunos, despertando dedicação, compromisso e responsabilidade. O professor passa a ter outra rotina, com mais envolvimento e responsabilidade, mantendo sempre o foco de querer aperfeiçoar a atividade investigativa.

Os roteiros aqui apresentados podem servir de inspiração para a elaboração de outros roteiros sobre outros conteúdos. Isso pode ser feito de forma bem simples, com perguntas adequadas ao nível de ensino, com materiais de baixo custo e fácil aquisição, com incentivo a atividade do aluno por meio do levantamento de hipótese, da observação, do registro de dados e do desenvolvimento da capacidade de análise que permita tirar sua própria conclusão sobre os fenômenos observados.

Por fim, cabe lembrar que tudo o que foi exposto aqui requer mudanças de hábito de professores e de alunos. Nesse sentido, é preciso insistir para que as atividades experimentais, orientadas por uma perspectiva de ensino por investigação, possam virar hábito na rotina das aulas de Física e, dessa forma, ir aos poucos, substituindo o tradicional ensino por transmissão de conhecimento. O aluno, ao fazer o experimento, adquirirá habilidade prática que o ajudará em sua vida. Quando tiver algum problema semelhante, ele, que já o vivenciou nas aulas de Ciências, terá alternativas e habilidades para resolver este problema.

## Referências Bibliográficas

- AZEVEDO, Maria C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (org.) *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thonson Learning, 2004.
- BLOSSER, P.E, Matérias em pesquisa de ensino de Física: o papel do laboratório no ensino de Ciências. In: *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.5, n.2, ago. 1988, p. 74-78.
- BORGES, A. T. Novos rumos para o laboratório escolar. In: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 19, n.3: p.291-313, dez. 2002.
- CACHAPUZ, A.; MACHADO, V. F.; SASSERON, L. H.. As interações discursivas no Ensino de Física: A promoção da discussão pelo professor e a Alfabetização Científica pelos alunos. In: *Ciência e Educação*, Bauru, UNESP, v. 18, 2012, p. 593-611.
- MOREIRA, M. A. *Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física*. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 1983.
- SASSERON, L. H. *Interações discursivas e investigação em sala de aula: o papel do professor*. Disponível em: <[https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1926898/mod\\_resource/content/1/Sasseron\\_2013\\_Intera%C3%A7%C3%B5es%20discursivas%20em%20sala%20de%20aula.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/1926898/mod_resource/content/1/Sasseron_2013_Intera%C3%A7%C3%B5es%20discursivas%20em%20sala%20de%20aula.pdf)>. Acesso em: 15 jun. 2018.
- \_\_\_\_\_. Interações discursivas e investigação em sala de aula: O papel do professor. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.) *Ensino de Ciências por investigação: Condições para implementação em sala de aula*. Cap. 3. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 41-61.
- \_\_\_\_\_. Alfabetização Científica, Ensino por Investigação e Argumentação: relações entre Ciências da Natureza e escola. In: *Revista Ensaio*, v.17, especial, Belo Horizonte, nov. 2015, p. 49-67.
- \_\_\_\_\_; CARVALHO, A. M. P. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. In: *Ciência & Educação*, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.
- MENEZES, P. H. D.; BATISTA, L. M.; BERTOLDO, H. L. Modelo de Ensino Para Mudanças Cognitivas: Desenvolvendo o Entendimento de Campo Magnético. *Monografia* (Especialização em Ensino de Ciências) Centro de Ensino de Ciências e Matemática, Universidade Federal de Minas Gerais, 1997.
- SÉRÉ, M.; COELHO, S. M. e NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino de Física. In: *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.20, n.1, p.30-42, abril, 2003.
- SILVA, J.; SOUZA, J. O ensino de Física em Botucatu. In: *Revista Botucatuense de Ensino de Física*, v. 97, n. 4, p. 1103-1125, 2010.
- [Wiki-Termo 2010] *Wikipédia: Termodinâmica*. Disponível em <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Termodin%C3%A2mica>>. Acesso em: jul. 2010.

### Lista dos livros analisados:

- ALVARENGA, B.; MÁXIMO, A. *Curso de Física*. vol.1, 1. ed. São Paulo: Scipione, 2008.
- \_\_\_\_\_. *Curso de Física*. 1. ed. São Paulo: Scipione, 1999. vol. único.
- \_\_\_\_\_. *Curso de Física*. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2012. 3. vol.
- \_\_\_\_\_. *Curso de Física*. 1. ed. São Paulo: Scipione, 2014. 3. vol.
- \_\_\_\_\_. *Curso de Física*. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2008. vol. único.
- \_\_\_\_\_. *Curso de Física*. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2000. 3. vol.
- \_\_\_\_\_. *Curso de Física*. 6. ed. São Paulo: Scipione, 2006. 3. vol.
- BLACKWOOD, O. H.; HERRON, W. B.; KELLY, W. C. *Física na Escola Secundária*. Tradução de José Leite Lopes e Jayme Tiomno. Rio de Janeiro: Companhia Editora Nacional, 1958.
- CASTRO, C.; *Física e Química*. 7. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1962.
- DIAS, A. P.; *Curso Elementar de Physica*. 3. ed. São Paulo: Editora Salles Oliveira, Rocha & Cia, 1933.
- FREITAS, A.; *Curso de Física*. vol.4, 5. ed. São Paulo: Editora Melhoramentos, 1942.
- GOMES, F. A. *Física*. 11. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1953.
- GONÇALVES, D.; *Física do Científico e do Vestibular*. vol. 4, 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Ao Livro Técnico S. A., 1974.
- GONÇALVES, D.; *Física do Científico e do Vestibular*. vol. 5, 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Ao Livro Técnico S. A., 1976.
- GOUVEIA, N.; NUNES, J. C. *Lições de Physica*. 6. ed. Rio de Janeiro: Editora Francisco Alves, 1917.
- IRMÃOS MARISTAS. *Ciências Físicas e Naturais*. vol.4, 44. ed. São Paulo: Editora F. T. D. S. A., 1967.
- MANUAL DO APRENDIZ MARINHEIRO. 4. Ed. Rio de Janeiro: (??) Editora Imprensa Naval, 1959. v. 1.
- MORO, L. *Física*. vol. 1, 4. ed. (??) Sem cidade. Editora do Brasil S. A., 1970.
- PSSC. *Física*: Parte I, Parte IV. 2. ed. Editora Universidade de Brasília, tradução autorizada com direitos reservados para o Brasil pelo IBECC- UNESCO. Edart- Livraria Editora Ltda, 1966.
- RAMALHO JR., F. ; SANTOS, J. I. C.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T. *Os Fundamentos da Física*. vol. 3, 2. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1974.
- \_\_\_\_\_. *Os Fundamentos da Física*. vol 1, 4. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1987.
- \_\_\_\_\_. *Os Fundamentos da Física*. vol 2, 5. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1989.
- \_\_\_\_\_. *Os Fundamentos da Física*. vol.3, 5. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1991.
- \_\_\_\_\_. *Os Fundamentos da Física*. vol. 3, 7. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1999.
- \_\_\_\_\_. *Os Fundamentos da Física*. vol.3, 7. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2002.
- \_\_\_\_\_. *Os Fundamentos da Física*. vols. 2 e 3, 9. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2007.

\_\_\_\_\_. *Os Fundamentos da Física*. vol. 3, 10. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2010.

\_\_\_\_\_. *Os Fundamentos da Física*. vol 2, 3. ed. São Paulo: Editora Moderna, 1988.

SALMERON, R. A.; *Introdução à Eletricidade e ao Magnetismo*. 4ª Ed. São Paulo: (?) Sem Editora, 1957.

TEIXEIRA, A. S.; MELLO, A.; RIZZO, M. *Problemas de Física*. São Paulo (?): Editora do Brasil S/A, 1954. v. 20.

## Apêndice A

### Roteiro: Pêndulo Simples

O pêndulo simples é um dispositivo composto por uma massa que oscila em torno de uma posição de equilíbrio, sustentada por um fio inextensível de massa desprezível.

#### 1) OBJETIVOS

- Verificar quais as grandezas que interferem no movimento de um pêndulo simples.
- Relacionar o movimento do pêndulo como base para medida de tempo.
- Estabelecer uma relação entre os elementos que constituem um pêndulo e o seu período de oscilação.

#### 2) MATERIAL

Um pedaço de cordão ou linha forte.

Uma haste para suporte (pode ser um prego fixado numa parede ou uma caneta presa com fita adesiva sobre uma mesa).

Um cronômetro (pode ser do celular ou relógio).

Massas aferidas (chumbos de pesca podem servir).

Régua.

#### 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: Quanto tempo o tempo tem (Poema)

*O tempo perguntou pro tempo qual é o tempo que o tempo tem. O tempo respondeu pro tempo que não tem tempo pra dizer pro tempo que o tempo do tempo é o tempo que o tempo tem.*

(Autor desconhecido)

Empregamos no dia a dia diversas formas de indicar a passagem do tempo. As mais comuns são o ano, o dia, a hora e o minuto. Mas, o que é o tempo? Que fenômenos físicos podem ser empregados para medir o tempo?

---

---

---

---

#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL

4.1) O período de um pêndulo simples é dado pelo intervalo de tempo que a massa oscilante leva para percorrer um movimento completo de ida e volta. Como variantes desse dispositivo, podemos destacar: i) o comprimento do fio; ii) o valor da massa; iii) a distância de afastamento da massa em relação à posição de equilíbrio. Quais desses elementos você considera que interfere na determinação do período de um pêndulo? Discuta com seu grupo e levante suas hipóteses, registrando-as no espaço abaixo.

---

---

---

---

4.2) Agora, o seu grupo deve montar o dispositivo e fazer a testagem das hipóteses que vocês levantaram na questão anterior. Os resultados observados concordam com as hipóteses levantadas? Por quê?

---

---

---

---

4.3) A partir das observações feitas procure estabelecer uma relação de proporcionalidade entre os elementos que vocês observaram e o período do pêndulo.

---

---

---

---

4.4) Vocês provavelmente já ouviram falar em relógios de pêndulo. Proponha uma forma de utilizar o dispositivo que você montou como um relógio, ou, se preferir, um medidor de tempo. Descreva sua proposta no espaço abaixo.

---

---

---

---

4.5) Retornem à problematização inicial (item 3). Com base no dispositivo que vocês montaram e naquilo que vocês observaram, o que mudaria na forma como vocês definiram o tempo?

---

---

---

---



## Apêndice B

### Roteiro: Eletrização

Nesta sequência didática vamos apresentar uma série de experimentos com o objetivo de levar o aluno à compreensão dos fenômenos eletrostáticos e da natureza elétrica da matéria.

#### 1) OBJETIVOS

- Estudar alguns fenômenos eletrostáticos.
- Compreender a carga elétrica como uma das propriedades da matéria.

#### 2) MATERIAL

Massa de moldar.

Lápis com ponta bem fina.

Guardanapo de papel.

Bolinha de isopor.

Canudinhos de refresco novos.

Pedaço de linha de seda.

Papel alumínio.

#### 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: Por que algumas pessoas dão choque?<sup>1</sup>

*O choque elétrico é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano (ou qualquer outro animal). O pior choque é aquele que se origina quando uma corrente elétrica entra pela mão da pessoa e sai pela outra (porque ele passa por regiões fundamentais do nosso corpo, como nosso coração). Até aí, tudo bem. Só tem um probleminha: às vezes, a gente leva choque só de encostar em objetos ou outras pessoas, que aparentemente não deveriam dar choque por não estarem ligados à corrente elétrica. Infelizmente, não é preciso estar ligado a uma corrente elétrica para conduzir eletricidade. O corpo humano, por exemplo, é condutor de eletricidade, assim como outros materiais.*

Vamos tentar entender como funciona a natureza elétrica da matéria.

Você já deve ter ouvido falar que toda matéria é composta por átomos que se organizam para formar as moléculas e que essas, por sua vez, se organizam para

---

<sup>1</sup> Adaptado de <<https://hypescience.com/porque-as-pessoas-dao-choque/>> . Acesso em 06 jul. 2018.

formar todas as coisas que conhecemos. Mas, de onde vem essa organização? O que “cola” os átomos e as moléculas para formar todas essas coisas? Converse com o seu grupo, levantem suas hipóteses e registrem no espaço abaixo.

---

---

---

---

#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL – ELETRIZAÇÃO

4.1) A carga elétrica é uma das propriedades da matéria. Existem dois tipos de carga elétrica: positivas e negativas. Na natureza, essas cargas se equilibram de tal forma que os corpos se apresentam eletricamente neutros, ou seja, a quantidade de carga negativa é igual a quantidade de carga positiva. Discuta com seus colegas como fazer para provocar um desequilíbrio de cargas elétricas, ou seja, fazer com que um corpo neutro passe a apresentar quantidades diferentes de carga elétrica. Levante hipóteses e registre no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

4.2) Atrite um canudinho de refrigerante em uma folha de guardanapo (Para isso, comprima-o entre o guardanapo e puxe-o rapidamente) e, logo em seguida, encoste-o numa parede e observe o que acontece. Por que você acha que aconteceu isso?

---

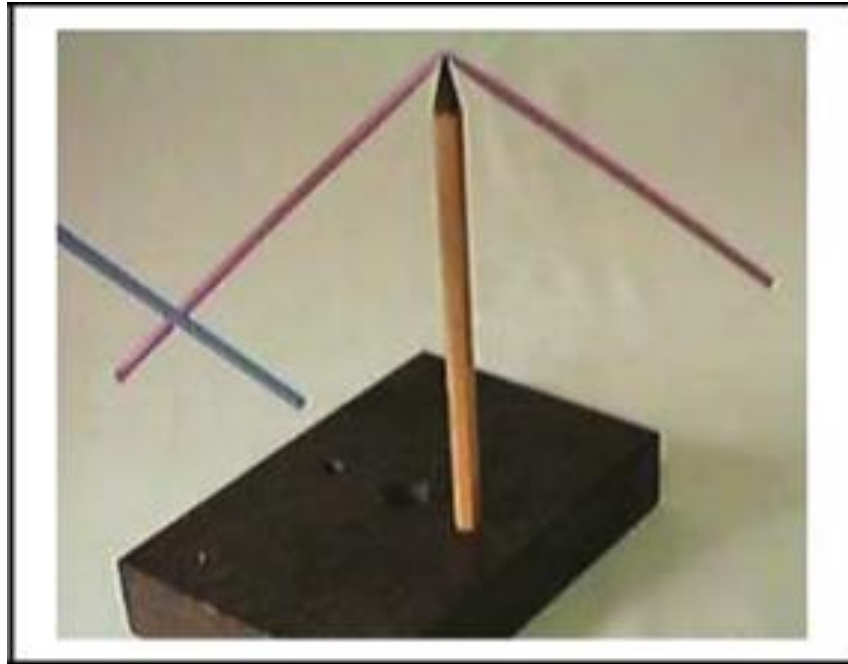
---

---

---

4.3) Faça uma base com a massinha de moldar e introduza um lápis nessa base com a ponta voltada para cima (o lápis poderá também ser seguro por um dos membros do grupo). Agora atrite outro canudinho, dobre-o ao meio e o apoie sobre a

ponta do lápis. Aproxime lentamente um segundo canudinho das extremidades deste, sem tocar (observe a figura abaixo), e observe o que acontece. Atrite o segundo canudinho com o guardanapo, volte a aproximá-lo do canudinho que está apoiado no lápis e observe o que acontece. Registre suas observações no espaço abaixo.



Eletroscópio de canudinho. Fonte: Autor

---

---

---

---

4.4) Monte um pequeno pêndulo com um pedaço de linha de seda e uma bolinha de isopor revestida com papel alumínio. Pendure esse pêndulo num suporte, que pode ser montado com uma caneta presa com fita adesiva na extremidade de uma mesa. Atrite um canudinho com um guardanapo e aproxime da bolinha, sem tocá-la, e observe o que acontece. Agora deixe que o canudinho atritado toque a bolinha e novamente observe o que acontece. Como vocês explicam os fenômenos observados nas duas situações (itens 4.3 e 4.4)?

---

---

---

---

4.5) Retomem suas hipóteses iniciais e com base no que foi observado nos experimentos procurem reformulá-las.

---

---

---

---

## Apêndice C

### Roteiro: Campo Magnético

Nesta sequência didática vamos apresentar uma série de experimentos com o objetivo de levar o aluno à compreensão das propriedades magnéticas da matéria.

#### 1) OBJETIVOS

- Estudar os fenômenos magnéticos relacionados às interações entre ímãs diversos.
- Compreender as propriedades magnéticas da matéria.

#### 2) MATERIAL

Pedaços de ímãs diversos.

Um pedaço de fita magnética de porta de geladeira.

Bússola (pode ser construída com uma agulha, um pedaço de rolha de cortiça e uma tampa de vidro de maionese).

Durex colorido.

#### 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: Com uma bússola no bico<sup>2</sup>

*Há muitos anos, quando não existia correio nem internet, as pessoas usavam pombos para enviar mensagens, que chegavam direitinho ao seu destino! O que ninguém entendia era como as aves viajavam longas distâncias e sabiam voltar para casa... Pois foi isso que os cientistas da Universidade de Auckland, na Nova Zelândia, descobriram!*

*Sabia que os pombos-correios têm algo parecido com uma bússola no bico? Esse instrumento, você sabe, serve para orientação. Ele tem uma agulha, que indica o norte, facilitando assim que alguém localize a posição em que está.*

*Os cientistas da Nova Zelândia revelaram que os pombos-correios têm minúsculas partículas de ferro no bico superior que funcionam como as agulhas de uma bússola. “Essas partículas, que poderíamos comparar a agulhas, giram e sempre indicam a direção norte”, explica Cordula Mora, coordenadora da pesquisa.*

Você sabe por que isso ocorre? Por que a agulha de uma bússola se orienta na direção norte-sul da Terra? Converse com seus colegas e registrem suas hipóteses no espaço abaixo.

---



---

<sup>2</sup> Adaptado de: <<https://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/a-orientacao-do-pombo-correio.html>> Acesso em: 08 jul. 2018.

---

---

#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL - MAGNETISMO

4.1) Todos já viram uma bússola? Vocês sabem para que ela serve? Caso não tenham uma bússola, vamos começar construindo uma, como na proposta abaixo. Corte uma fatia de rolha de cortiça (+/- 05cm de espessura). Passe um ímã numa agulha de costura, sempre na mesma direção. Prenda a agulha no pedaço de rolha. Coloque um pouco de água na tampa do vidro de maionese e coloque o dispositivo da rolha com a agulha sobre a superfície da água. (Sugestão: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/construindo-uma-bussola.htm>). Agora coloquem a bússola no chão e risquem com um pedaço de giz a direção de orientação da agulha. Marque o lado da agulha que aponta para o norte geográfico da Terra.

Dê uma volta pela sala e observe as direções indicadas pelas bússolas dos outros grupos. Todas as bússolas indicam direções paralelas? O que poderia ter provocado um resultado diferente encontrado por outro grupo? Registre suas observações no espaço abaixo.

---

---

---

---

4.2) Coloquem a bússola do seu grupo sobre uma superfície nivelada (pode ser o chão ou uma mesa) e aproxime um ímã, colocando-o a várias distâncias em relação à bússola. Descreva o que acontece com a direção indicada pela agulha da bússola?

---

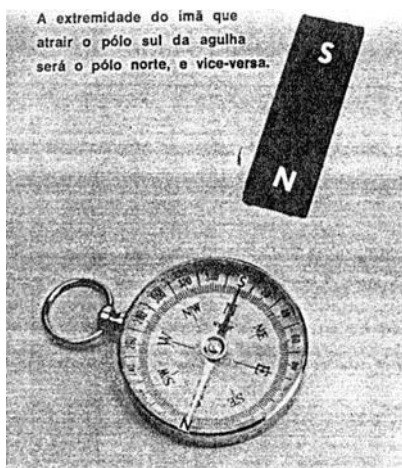
---

---

---

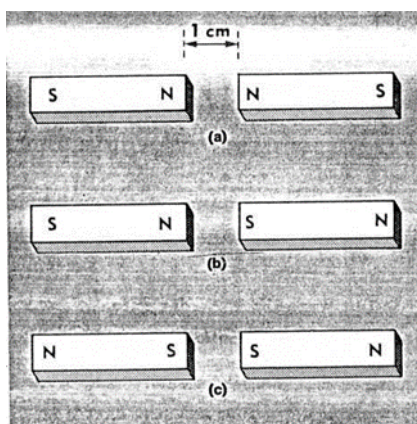
---

4.3) Aproxime um ímã da bússola, conforme a Fig.1. Observe qual o lado da agulha da bússola é atraído pelo ímã. Mude o posicionamento do ímã até que você tenha total certeza do lado que atrai a parte marcada da agulha e do lado que a repele. Marque no ímã, com durex colorido, o lado que atrai a parte marcada da agulha da bússola. Tome todos ímãs que você possui e faça essa marcação em todos eles.



**Figura 1-** Interação ímã – bússola.  
Fonte: Menezes (1997).

Coloque dois ímãs separados por uma distância de 1 cm, na posição indicada em (a) da Fig.2. Repita o procedimento para as disposições representadas em (b) e (c). Descreva o que vocês observam (sentem) em relação a interação entre os ímãs em cada uma das situações.



**Figura 2-** Interação entre ímãs.  
Fonte: Menezes (1997).

---



---

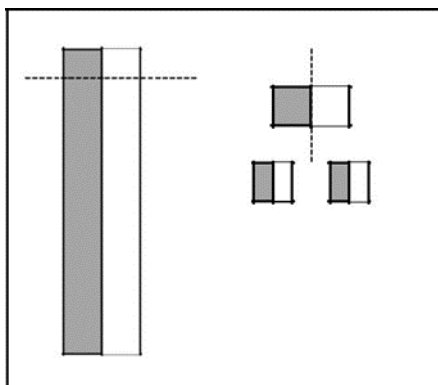


---



---

4.4) Agora vamos utilizar o pedaço de ímã de geladeira (borracha imantada). Verifique se ele já foi marcado, conforme orientado no item 4.3. Utilizando um estilete (com cuidado para não se cortar), recorte o seu ímã conforme indicado na Fig.3. A cada corte aproxime as partes cortadas e observe o tipo de interação que se estabelece entre elas. O que você conclui a respeito das partes que foram cortadas do ímã? O que aconteceria se você continuasse cortando o ímã em pedaços cada vez menores? Registre suas observações no espaço abaixo.



**Figura 3** Recorte do ímã da borracha imantada.  
Fonte: Menezes (1997)

---



---



---



---



---

4.5) Com base no que foi observado, retorne à questão inicial e procure rever as hipóteses levantadas no início desta atividade. Elas continuam válidas? O que mudou?

---



---



---



---



---



## Apêndice D

### Roteiro: Sensação Térmica

Existem vários experimentos que permitem explorar as sensações de frio e quente, no sentido de desenvolver no aluno o entendimento dos conceitos de calor e temperatura. Nesta sequência experimental iremos explorar alguns deles.

#### 1) OBJETIVOS

- Compreender o que nos leva às sensações de quente ou frio.
- Perceber que as sensações de quente ou frio estão associadas às trocas de calor.
- Entender como se verifica a sensação térmica em diferentes materiais.

#### 2) MATERIAL UTILIZADO

3 potes de sorvete vazios (ou recipientes equivalentes).

Água (quente, gelada e em temperatura ambiente).

Ebulidor (para aquecer a água).

1 objeto de ferro ou aço (ex: chave de fenda).

1 objeto de madeira (ex: cabo de vassoura).

3 termômetros com escala de 0°C a 100°C.

Massa de modelar.

Chumaço de algodão.

Papel alumínio.

1 Cilindro pequeno (ex: lápis ou caneta cilíndricos).

Papel toalha ou pano para enxugar os termômetros.

1 cronômetro (pode ser do celular).

#### 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: O calor que vem do frio

*Os iglus não aquecem o ambiente no interior, mas conseguem manter o calor que é emitido pelos corpos ou de fogueiras, por exemplo.*

*A explicação está no fato da neve (compacta) ter uma condução térmica extremamente baixa, aproximadamente 100 vezes menor que a do alumínio. Assim, o calor formado no interior permanece preso no iglu e faz com que a temperatura do ambiente aumente.*

*Com o calor do corpo humano e de uma lâmpada a óleo, por exemplo, o interior do iglu pode ser até 40 graus Celsius mais quente em comparação com a temperatura exterior.*

*O leve derretimento do gelo (devido ao uso de uma fogueira no interior do iglu, por exemplo) também é uma vantagem, pois a água volta a ser congelada e faz com que se forme um gelo mais sólido e isolante ao redor da estrutura.*

*Os blocos de neve compactos também ajudam a bloquear os ventos gélidos do ártico, aumentando a sensação térmica no interior do iglu.*

*Fonte: <<https://www.significados.com.br>>*

Vocês já devem ter reparado que algumas coisas aparentam ser bem mais frias do que outras. Por exemplo, por que quando tocamos a maçaneta de uma porta ela nos parece estar mais fria do que a madeira da própria porta? Discuta com o seu grupo e registre suas hipóteses no espaço abaixo.

---



---



---



---

#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL

4.1) Com a ajuda do professor, coloque água morna, natural e gelada nos três potes de sorvete, conforme indicado na Figura 1. Escolham um(a) colega do grupo e peça para ele(a) colocar a mão direita no pote com água gelada e a mão esquerda no pote com água morna (Cuidado! Para evitar queimadura teste a água antes para verificar se a temperatura é suportável). Peça a ele(a) para aguardar aproximadamente 30s, depois retirar a mão que estava no pote de água gelada (direita) e inserir imediatamente no pote com água natural. Peça para ele(a) para descrever a sensação térmica da mão direita em relação à água natural. Depois peça para fazer o mesmo procedimento com a mão esquerda (Fig.1). Registrem as sensações descritas pelo(a) colega no espaço abaixo.



**Figura 1-** Testando a Sensação Térmica.  
Fonte: Autor

---

---

---

---

4.2) Com o papel alumínio, massinha de modelar e chumaço de algodão façam três bolinhas de aproximadamente 4 cm de diâmetro. Utilizando um lápis ou uma caneta, faça um buraco em cada bolinha, o suficiente para encaixar um termômetro. Aguardem aproximadamente três minutos e peça para um(a) colega tocar cada uma delas e descrever as sensações térmicas. Registrem essas sensações no espaço abaixo.

---

---

---

---

4.3) Aguardem novamente três minutos e, depois desse tempo, insira um termômetro em cada bolinha. Aguardem mais três minutos e registrem no espaço abaixo a temperatura indicada nos termômetros para cada uma das bolinhas. O resultado obtido confirma a observação feita no item anterior? Por quê? Registre as temperaturas e suas respostas no espaço abaixo.



**Figura 2** - Medindo a temperatura das amostras.

Fonte: Autor.

---

---

---

---

---

---

4.4) Coloquem os 3 termômetros numa vasilha com água gelada até que a temperatura deles pare de variar. Retirem os termômetros, simultaneamente, dessa vasilha, enxugue-os e coloque, rapidamente, um termômetro em cada bolinha. Observem qual termômetro sobe mais rápido e qual sobe mais devagar e registrem suas observações no espaço abaixo.

---

---

---

---

4.5) Escolha um(a) outro(a) colega do grupo e peça para ele a pegar, com uma das mãos, uma amostra de metal (uma chave, por exemplo) e, com a outra, uma amostra de madeira (um pedaço de cabo de vassoura, por exemplo). Peça que ele(a) descreva as sensações térmicas de cada uma das mãos e registre no espaço abaixo.

---

---

---

---

4.6) Agora vocês devem retomar a(s) hipótese(s) elaboradas na problematização feita no início dessa sequência (item 3). Com base no que vocês observaram nas atividades realizadas vocês manteriam ou reformulariam a(s) hipótese(s) inicial(ais)? Registrem a hipótese final no espaço abaixo.

---

---

---

---

## **Apêndice E**

### **Produto Educacional**

#### **1. Apresentação**

Professor(a)

Neste trabalho apresentamos uma proposta de ensino de Física baseada em roteiros de experimentos orientados pela abordagem de ensino por investigação. Para isso, elaboramos quatro roteiros de atividades experimentais que poderão servir de exemplo para o desenvolvimento de outros roteiros abordando outros conteúdos.

O trabalho foi inspirado em uma pesquisa em livros didáticos de Física publicados no Brasil desde o início do século XX. Nessa pesquisa procuramos observar a evolução dos experimentos didáticos propostos nessas publicações, registrando desde uma época em que eles eram inexistentes até os dias atuais. A conclusão a que chegamos é que houve uma considerável evolução. Porém, a perspectiva inducionista dos roteiros fechados, com pouca abertura para a participação mais efetiva dos alunos, ainda persiste. Por esse motivo recorreremos às pesquisas desenvolvidas na área de ensino de Física sobre atividades experimentais e nos apropriamos de alguns de seus resultados para elaborar uma proposta que fosse possível de ser aplicada em sala de aula.

O ensino por investigação tem como característica levar o aluno a uma atitude ativa de pesquisa, envolvendo-o diretamente na resolução de um problema (elaboração de hipóteses e planejamento do procedimento experimental). As etapas de um experimento investigativo devem envolver os alunos nas seguintes ações: 1) Análise inicial do problema a resolver; 2) Elaboração de hipóteses; 3) Definição dos procedimentos; 4) Coleta de dados; 5) Análise dos dados; 6) Elaboração da conclusão.

Os experimentos investigativos visam maior autonomia do estudante sobre o seu aprendizado, sendo também possível explorar suas concepções alternativas. Para os alunos é um importante método de ensino que estimula o pensamento crítico. Se observa que eles mudam de postura quando passam a ter papel ativo nas aulas, o que facilita o aprendizado. Atividades investigativas favorecem a reflexão e a interação sociocultural entre os alunos.

O ensino investigativo também é importante para os professores porque contribui para incentivá-los a usar um método de ensino prático, tornando o ensino de Física mais prazeroso e significativo para os alunos. A preocupação central não está em saber se o aluno acertou ou errou a questão, mas sim em acompanhar sua evolução no processo de apropriação dos conceitos.

Em uma aula investigativa a avaliação pode ser feita seguindo a lógica do processo estruturante dos roteiros, ou seja: i) avaliar o conhecimento prévio através por meio do levantamento de hipóteses; ii) avaliar a capacidade de relacionar dados com resultado e conclusões; iii) avaliar a capacidade de argumentação e participação dos alunos nos grupos de trabalho; iv) avaliar o envolvimento dos alunos com as tarefas propostas.

O planejamento das ações de uma atividade investigativa deve ter a finalidade pedagógica bem definida e plena noção do tempo necessário para sua aplicação em sala de aula. Para tanto, é necessário tornar claro os objetivos, ordenar os materiais a serem utilizados e elaborar um cronograma com as atividades a ser executadas.

Uma atenção especial deve ser dada à divisão e organização dos grupos de trabalho, tendo em mente a quantidade de material disponível para que todos possam executar as tarefas simultaneamente e em tempo adequado.

Sugiro aos professores não formarem equipes muito pequenas (com dois alunos, por exemplo) porque isso limita a discussão entre os alunos. Também não é interessante formar grupos muito grandes, com mais de cinco alunos porque, nesses

casos, além de tumultuar as discussões, pode não haver o envolvimento de todos. Consideramos que quatro alunos seja o número ideal.

Também é importante considerar a diversidade dos alunos para montagem das equipes, evitando a formação de grupos só com alunos que mais participam das aulas e que, provavelmente, terão um bom desempenho nas atividades, enquanto equipes com alunos menos interessados que, provavelmente, poderão ter um desempenho menor. O ideal é estimular ao máximo a diversidade entre os grupos para, com isso, estimular também a melhoria da convivência e interação entre eles.

Os roteiros seguem um padrão em que são apresentados:

- a) Um breve texto introdutório com uma questão problematizadora.
- b) Uma sequência de atividades que permitem ao aluno explorar o problema e testar suas hipóteses.
- c) Uma questão que remete o aluno a retomar a problematização inicial no intuito de confrontar suas hipóteses iniciais com os resultados das atividades realizadas.



## 2. Descrição dos Roteiros

### 2.1. Pêndulo Simples

O pêndulo simples é um artefato de fácil construção e que permite explorar vários fenômenos relacionados à mecânica clássica, em particular, a conservação de energia e o estudo de movimentos periódicos. No roteiro a seguir iremos explorar a ideia de tempo com base no movimento periódico de um pêndulo.

#### 2.1.1. Em sala de aula

Procure utilizar materiais simples e de baixo custo para que todos os alunos tenham acesso. Divida a turma em grupos pequenos de 4 a 6 alunos. É importante que todos tenham tarefa no grupo.

Para o fio do pêndulo sugerimos utilizar linha nº10. Como massas pode-se utilizar a chumbada de pescaria, que é um material barato, fácil de comprar e que já vem aferida. Para pendurar pode ser feito um gancho de arame passando pelo centro da chumbada. Um suporte muito simples pode ser feito com uma caneta ou lápis preso na borda de uma mesa com fita adesiva.

Por se tratar de uma atividade investigativa, o professor deve evitar ao máximo interferir no trabalho dos alunos. Deixe que eles se posicionem e assumam o comando da atividade, desde a montagem até os resultados finais. Nesse tipo de atividade, divergências entre procedimentos devem ser estimuladas e é importante que o professor permita que elas ocorram. Por exemplo, no caso do pêndulo o posicionamento das massas pode ser feito de duas formas, pendurando todas juntas num mesmo gancho ou pendurando uma depois da outra. No segundo caso, mesmo colocando a mesma quantidade de chumbada, o centro de massa será alterado e isso irá interferir no período. Isso pode gerar discussões interessantes que podem ajudar a promover um maior entendimento sobre o fenômeno estudado.

Numa atividade aberta são os alunos que decidem as ações. Cabe ao professor instigar com perguntas: Qual que é a interferência disso? Que implicação isso traz para o experimento? Como vocês explicam isso?

### 2.1.2. Roteiro – Pêndulo Simples

O pêndulo simples é um dispositivo composto por uma massa que oscila em torno de um eixo, sustentada por um fio inextensível de massa desprezível.

#### 1) OBJETIVOS

- Verificar quais as grandezas que interferem no movimento de um pêndulo simples.
- Relacionar o movimento do pêndulo como base para medida de tempo.
- Estabelecer uma relação entre os elementos que constituem um pêndulo e o seu período de oscilação.

#### 2) MATERIAL

- Um pedaço de cordão ou linha forte.
- Uma haste para suporte (pode ser um prego fixado numa parede ou uma caneta presa com fita adesiva sobre uma mesa).
- Um cronômetro (pode ser do celular ou relógio).
- Massas aferidas (chumbos de pesca podem servir).
- Régua.

#### 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: Quanto tempo o tempo tem (Poema)

*O tempo perguntou pro tempo qual é o tempo que o tempo tem. O tempo respondeu pro tempo que não tem tempo pra dizer pro tempo que o tempo do tempo é o tempo que o tempo tem.*

(Autor desconhecido)

Empregamos, no dia a dia, diversas formas de indicar a passagem do tempo. As mais comuns são o ano, o dia, a hora e o minuto. Mas, o que é o tempo? Que fenômenos físicos podem ser empregados para medir o tempo?

---

---

---

---

#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL

4.1) O período de um pêndulo simples é dado pelo intervalo de tempo que a massa oscilante leva para percorrer um movimento completo de ida e volta. Como variantes desse dispositivo, podemos destacar: i) o comprimento do fio; ii) o valor da massa; iii) a distância de afastamento da massa em relação à posição de equilíbrio. Quais desses elementos você considera que interfere na determinação do período de um pêndulo? Discuta com seu grupo e levante suas hipóteses, registrando no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

---

4.2) Agora, o seu grupo deve montar o dispositivo e fazer a testagem das hipóteses que vocês levantaram na questão anterior. Os resultados observados concordam com as hipóteses levantadas? Por quê?

---

---

---

---

---

---

4.3) A partir das observações feitas procure estabelecer uma relação de proporcionalidade entre os elementos que vocês observaram e o período do pêndulo.

---

---

---

---

---

4.4) Vocês provavelmente já ouviram falar em relógios de pêndulo. Proponha uma forma de utilizar o dispositivo que você montou como um relógio ou, se preferir, um medidor de tempo. Descreva sua proposta no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

4.5) Retornem à problematização inicial (item 3) e, com base no dispositivo que vocês montaram e naquilo que vocês observaram, o que mudaria na forma como vocês definiram o tempo?

---

---

---

---

---

---

## 2.2. Sensação Térmica

Calor e temperatura são conceitos importantes desenvolvidos no estudo da Física. Porém, esses conceitos são comumente confundidos com as ideias de quente e frio provocadas pela sensação térmica que confunde o nosso sentido. Nesta atividade vamos explorar a percepção dos alunos sobre quente, frio, calor e temperatura.

### 2.2.1. Em sala de aula

Ao aplicar esse roteiro, o professor deve dar bastante importância quanto à segurança dos alunos, pois envolve o aquecimento e o manuseio de água quente. Por isso, sugerimos que o aquecimento seja feito com aquecedor elétrico (ebulidor). Se for necessário utilizar o fogão a gás, essa tarefa deve ficar a cargo do professor, que aquece uma quantidade maior de água para distribuir para os diversos grupos. Quanto ao termômetro, caso a escola não possua este equipamento, pode ser sugerido aos alunos que construam o seu próprio termômetro. Há diversos *links* na *internet* que ensinam. Procure fazer com que cada grupo tenha o seu próprio material.

### 2.2.2. Roteiro – Sensação Térmica

Existem vários experimentos que permitem explorar as sensações de frio e quente, no sentido de desenvolver no aluno o entendimento dos conceitos de calor e temperatura. Nesta sequência experimental iremos explorar alguns deles.

#### 1) OBJETIVOS

- Compreender o que nos leva às sensações de quente ou frio.
- Perceber que as sensações de quente ou frio estão associadas às trocas de calor.
- Entender como se verifica a sensação térmica em diferentes materiais.

#### 2) MATERIAL UTILIZADO

- 3 potes de sorvete vazios (ou recipientes equivalentes)
- Água (quente, gelada e a temperatura ambiente)
- Ebulidor (para aquecer a água)

- 1 objeto de ferro ou aço (ex.: chave de fenda)
- 1 objeto de madeira (ex.: cabo de vassoura)
- 3 termômetros com escala de 0°C a 100°C
- Massa de modelar
- Chumaço de algodão
- Papel alumínio
- 1 Cilindro pequeno (ex.: lápis ou caneta cilíndricos)
- Papel toalha ou pano para enxugar os termômetros
- 1 cronômetro (pode ser do celular)

### 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: O calor que vem do frio

*Os iglus não aquecem o ambiente no interior, mas conseguem manter o calor que é emitido pelos corpos ou de fogueiras, por exemplo.*

*A explicação está no fato da neve (compacta) ter uma condução térmica extremamente baixa, aproximadamente 100 vezes menor que o alumínio. Assim, o calor formado no interior permanece preso no iglu e faz com que a temperatura do ambiente aqueça.*

*Com o calor do corpo humano e de uma lâmpada a óleo, por exemplo, o interior do iglu pode ser até 40 graus mais quente em comparação com a temperatura exterior.*

*O leve derretimento do gelo (devido ao uso de uma fogueira no interior do iglu, por exemplo) também é uma vantagem, pois a água volta a ser congelada e faz com que se forme um gelo mais sólido e isolante ao redor da estrutura.*

*Os blocos de neve compactos também ajudam a bloquear os ventos gélidos do ártico, aumentando a sensação térmica no interior do iglu.*

*Fonte: <<https://www.significados.com.br>>*

Vocês já devem ter reparado que algumas coisas aparentam ser bem mais frias do que outras. Por exemplo, por que quando tocamos a maçaneta de uma porta ela nos parece estar mais fria do que a madeira da própria porta? Discuta com o seu grupo e registre suas hipóteses no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

---

#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL

4.1) Com a ajuda do professor, coloque água morna, natural e gelada nos três potes de sorvete, conforme indicado na Figura 1. Escolham um colega do grupo e peça para ele colocar a mão direita no pote com água gelada e a mão esquerda no pote com água morna (Cuidado! Para evitar queimadura, teste a água antes para verificar se a temperatura é suportável). Peça a ele para aguardar aproximadamente 30s, depois retirar a mão que estava no pote de água gelada (direita) e inserir imediatamente no pote com água natural. Peça para ele (a) descrever a sensação térmica da mão direita em relação à água natural. Depois peça para fazer o mesmo procedimento com a mão esquerda (Fig.1). Registrem as sensações descritas pelo (a) colega no espaço abaixo.



Figura 1: Testando a Sensação Térmica.  
Fonte: Autor

---

---

---

---

---

---

---

4.2) Com o papel alumínio, massinha de modelar e chumaço de algodão façam três bolinhas de aproximadamente 4 cm de diâmetro. Utilizando um lápis ou uma caneta, faça um buraco em cada bolinha, o suficiente para encaixar um termômetro. Aguardem aproximadamente três minutos e peça para um (a) colega tocar cada uma delas e descrever as sensações térmicas. Registrem essas sensações no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

---

4.3) Aguardem novamente três minutos e, depois desse tempo, insira um termômetro em cada bolinha. Aguardem mais três minutos e registrem no espaço abaixo a temperatura indicada nos termômetros para cada uma das bolinhas. O resultado obtido confirma a observação feita no item anterior? Por quê? Registre as temperaturas e suas respostas no espaço abaixo.



Figura 2: Medindo a temperatura das amostras:

Fonte: Autor.

---

---

---



---

---

---

4.4) Coloque os 3 termômetros numa vasilha com água gelada até que a temperatura deles pare de variar. Retirem os termômetros, simultaneamente, dessa vasilha, enxugue-os e coloque, rapidamente, um termômetro em cada bolinha. Observem qual termômetro sobe mais rápido e qual sobe mais devagar e registrem suas observações no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

4.5) Escolha um (a) outro (a) colega do grupo e peça para ele pegar com uma das mãos uma amostra de metal (uma chave, por exemplo) e com a outra uma amostra de madeira (um pedaço de cabo de vassoura, por exemplo). Peça que ele (a) descreva as sensações térmicas em cada uma das mãos e registre no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

4.6) Agora vocês devem retomar a (s) hipótese (s) elaborada na problematização feita no início dessa sequência (item 3). Com base no que vocês observaram nas atividades realizadas vocês manteriam ou reformulariam a (s) hipótese(s) inicial(ais)? Registrem a hipótese final no espaço abaixo.

---

---

---

---

## 2.3. Eletrização

Os fenômenos eletrostáticos são conhecidos pela humanidade há mais de dois mil anos. Durante muito tempo esses fenômenos foram tratados como acontecimentos mágicos que assustavam e também encantavam as pessoas. No Ensino Médio, o estudo desses fenômenos é muito importante para que os alunos possam desenvolver a compreensão da natureza elétrica da matéria.

### 2.3.1. Em sala de aula

Para as atividades aqui propostas é importante que o professor esteja atento para o fato de que experimentos de eletrização dão melhores resultados em dias mais secos. Porém, isso não deve ser tomado como restrição para realização dos experimentos. Nesse sentido, é importante que os alunos aprendam a lidar com situações em que o resultado não é o esperado.

O professor até pode chamar a atenção dos alunos alertando que tanto os materiais, quanto as suas mãos devem estar limpos e secos. Mas, não deve querer tentar explicar o porquê desse procedimento. Incentive os próprios alunos a pesquisar sobre o fato.

Normalmente, os alunos ficam bastante surpresos e curiosos com os fenômenos eletrostáticos. O professor deve aproveitar essa curiosidade para incentivar a comunicação e até mesmo a competição entre os grupos. Qual grupo consegue prender um canudinho na parede por mais tempo? Que fatores interferem no tempo de permanência da eletrização? O que pode ser feito para aumentar esse tempo?

### 2.3.2. Roteiro – Eletrização

Nesta sequência didática vamos apresentar uma série de experimentos com o objetivo de levar o aluno à compreensão dos fenômenos eletrostáticos e da natureza elétrica da matéria.

#### 1) OBJETIVOS

- Estudar alguns fenômenos eletrostáticos.
- Compreender a carga elétrica como uma das propriedades da matéria.

## 2) MATERIAL

- Massa de modelar.
- Lápis com ponta bem fina.
- Guardanapo de papel.
- Bolinha de isopor.
- Canudinhos de refresco novos.
- Pedaco de linha de seda.
- Papel alumínio.

## 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: Por que algumas pessoas dão choque?<sup>3</sup>

*O choque elétrico é causado por uma corrente elétrica que passa através do corpo humano (ou qualquer outro animal). O pior choque é aquele que se origina quando uma corrente elétrica entra pela mão da pessoa e sai pela outra (porque ele passa por regiões fundamentais do nosso corpo, como nosso coração). Até aí, tudo bem. Só tem um probleminha: às vezes, a gente leva choque só de encostar em objetos ou outras pessoas, que aparentemente não deveriam dar choque por não estarem ligados à corrente elétrica. Infelizmente, não é preciso estar ligado a uma corrente elétrica para conduzir eletricidade. O corpo humano, por exemplo, é condutor de eletricidade, assim como outros materiais. Vamos tentar entender como funciona a natureza elétrica da matéria.*

Você já deve ter ouvido falar que toda matéria é composta por átomos que se organizam para formar as moléculas e que essas, por sua vez, se organizam para formar todas as coisas que conhecemos. Mas, de onde vem essa organização? O que “cola” os átomos e as moléculas para formar todas essas coisas? Converse com o seu grupo, levantem suas hipóteses e registrem no espaço abaixo.

---

---

---

---

3 Adaptado de <<https://hypescience.com/porque-as-pessoas-dao-choque/>> Acesso em 06 jul. 2018.

#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL - ELETRICIDADE

4.1) A carga elétrica é uma das propriedades da matéria. Existem dois tipos de carga elétrica: positivas e negativas. Na natureza essas cargas se equilibram de tal forma que os corpos se apresentam eletricamente neutros, ou seja, a quantidade de carga negativa é igual a quantidade de carga positiva. Discuta com seus colegas como fazer para provocar um desequilíbrio de cargas elétricas, ou seja, fazer com que um corpo neutro passe a apresentar quantidades diferentes de carga elétrica. Levante hipóteses e registre no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

4.2) Atrite um canudinho de refrigerante num folha de guardanapo (Para isso, comprima-o entre o guardanapo e puxe-o rapidamente) e logo em seguida encoste-o numa parede e observe o que acontece. Por que você acha que aconteceu isso?

---

---

---

---

---

4.3) Faça uma base com a massinha de moldar e introduza um lápis nessa base com a ponta voltada para cima (o lápis poderá também ser seguro por um dos membros do grupo. Agora atrite outro canudinho, dobre-o ao meio e apoie sobre a ponta do lápis. Aproxime lentamente um segundo canudinho das extremidades deste, sem tocar (Fig. 1), e observe o que acontece. Atrite o segundo canudinho com o guardanapo, volte a aproximá-lo do canudinho que está apoiado no lápis e observe o que acontece. Registre suas observações no espaço abaixo.

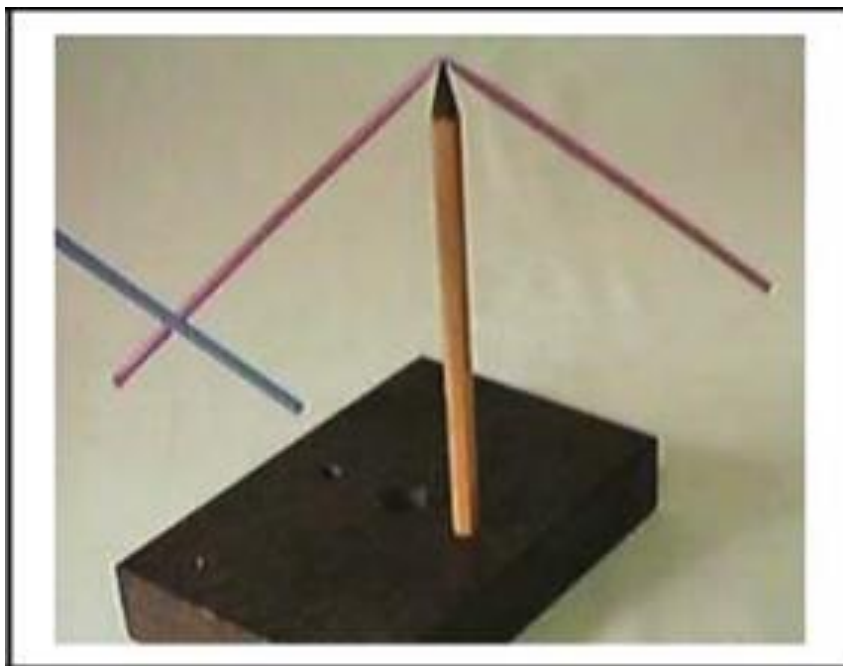


Figura 1 - Eletroscópio de canudinho.  
Fonte: Autor

---

---

---

---

---

4.4) Monte um pequeno pêndulo com um pedaço de linha de seda e uma bolinha de isopor revestida com papel alumínio. Pendure esse pêndulo num suporte, que pode ser montado com uma caneta presa com fita adesiva na extremidade de uma mesa. Atrite um canudinho com um guardanapo e aproxime da bolinha, sem tocá-la, e observe o que acontece. Agora deixe que o canudinho atritado toque a bolinha e novamente observe o que acontece. Como vocês explicam os fenômenos observados nas duas situações (itens 4.3 e 4.4)?

---

---

---

---

---

4.5) Retomem suas hipóteses iniciais e, com base no que foi observado nos experimentos, procurem reformulá-las.

---

---

---

---

---

## 2.4. Campo Magnético

Os fenômenos magnéticos, assim como os fenômenos eletrostáticos, são conhecidos pela humanidade há mais de dois mil anos, porém só foram decifrados cientificamente há pouco mais de um século. O magnetismo é responsável não só pela atração e repulsão de alguns tipos de metais, mas, principalmente, pela geração de grande parte da energia que consumimos no dia a dia. No Ensino Médio, o estudo do eletromagnetismo é considerado complexo pela maioria dos estudantes e sua compreensão passa pelo entendimento das propriedades do campo magnético que iremos estudar nesta sequência experimental.

### 2.4.1. Em sala de aula

Para esta atividade procure providenciar a maior quantidade e diversidade de ímãs possíveis. Procure por ímãs de autofalantes, ímãs de HD de computador, borrachas imantadas de porta de geladeiras, etc. Mesmo sabendo que é possível construir uma bússola com certa facilidade é importante que o professor consiga alguns desses instrumentos para apresentar aos alunos (a maioria deles nunca viu uma). Bússolas podem ser adquiridas com certa facilidade em armazéns e papelarias com preços bem acessíveis.

É muito comum que ocorram discrepâncias nas marcações da direção Norte-Sul pelos alunos. Isso ocorre principalmente pelo ferro presente nas estruturas das carteiras e mesas. O professor deve deixar que os próprios alunos identifiquem as influências desses materiais e formulem, por si só, as estratégias para evitá-las.

### 2.2.2. Roteiro – Eletrização

Nesta sequência didática vamos apresentar uma série de experimentos com o objetivo de levar o aluno a compreensão das propriedades magnéticas da matéria.

#### 1) OBJETIVOS

- Estudar os fenômenos magnéticos relacionados às interações entre ímãs diversos.
- Compreender as propriedades magnéticas da matéria.

## 2) MATERIAL

- Pedacos de ímãs diversos.
- Um pedaço de fita magnética de porta de geladeira.
- Bússola (pode ser construída com uma agulha, um pedaço de rolha de cortiça e uma tampa de vidro de maionese).
- Durex colorido.

## 3) PROBLEMATIZAÇÃO

Texto: Com uma bússola no bico<sup>4</sup>

*Há muitos anos, quando não existia correio nem internet, as pessoas usavam pombos para enviar mensagens, que chegavam direitinho ao seu destino! O que ninguém entendia era como as aves viajavam longas distâncias e sabiam voltar para casa... Pois foi isso que os cientistas da Universidade de Auckland, na Nova Zelândia, descobriram!*

*Sabia que os pombos-correios têm algo parecido com uma bússola no bico? Esse instrumento, você sabe, serve para orientação. Ele tem uma agulha, que indica o norte, facilitando assim que alguém localize a posição em que está.*

*Os cientistas da Nova Zelândia revelaram que os pombos-correios têm minúsculas partículas de ferro no bico superior que funcionam como as agulhas de uma bússola. “Essas partículas, que poderíamos comparar a agulhas, giram e sempre indicam a direção norte”, explica Cordula Mora, coordenadora da pesquisa.*

Você sabe por que isso ocorre? Por que a agulha de uma bússola se orienta na direção Norte-Sul da Terra? Converse com seus colegas e registrem suas hipóteses no espaço abaixo.

---



---



---



---



---

<sup>4</sup> Adaptado de: <https://www.sitedecuriosidades.com/curiosidade/a-orientacao-do-pombo-correio.html>. Acesso em: 08 jul. 2018.



#### 4) SEQUÊNCIA DIDÁTICA EXPERIMENTAL - MAGNETISMO

4.1) Todos já viram uma bússola? Vocês sabem para que ela serve? Caso não tenham uma bússola, vamos começar construindo uma.

Corte uma fatia de rolha de cortiça (+/- 05 cm de espessura). Passe um ímã numa agulha de costura, sempre na mesma direção. Prenda a agulha no pedaço de rolha. Coloque um pouco de água na tampa do vidro de maionese e coloque o dispositivo da rolha com a agulha sobre a superfície da água (Sugestão: <https://educador.brasilescola.uol.com.br/estrategias-ensino/construindo-uma-bussola.htm>).

Agora coloquem a bússola no chão e risquem com um pedaço de giz a direção de orientação da agulha. Marque o lado da agulha que aponta para o Norte geográfico da Terra.

De uma volta pela sala e observe as direções indicadas pelas bússolas dos outros grupos. Todas as bússolas indicam direções paralelas? O que poderia ter provocado um resultado diferente encontrado por outro grupo? Registre suas observações no espaço abaixo.

---

---

---

---

---

4.2) Coloquem a bússola do seu grupo sobre uma superfície nivelada (pode ser o chão ou uma mesa) e aproxime um ímã, colocando-o a várias distâncias em relação à bússola. Descreva o que acontece com a direção indicada pela agulha da bússola.

---

---

---

---

---

4.3) Aproxime um ímã da bússola, conforme a Figura 1. Observe qual o lado da agulha da bússola é atraído pelo ímã. Mude o posicionamento do ímã até que você tenha total certeza do lado que atrai a parte marcada da agulha e do lado que a repele. Marque no ímã, com durex colorido, o lado que atrai a parte marcada da agulha da bússola. Tome todos ímãs que você possui e faça essa marcação em todos eles.

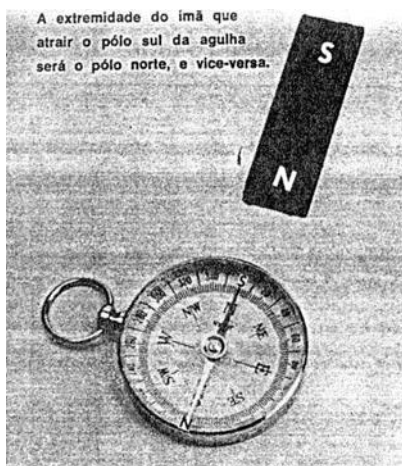


Figura 1- Interação ímã – bússola.  
Fonte: Menezes (1997)

Coloque dois ímãs separados por uma distância de 1 cm, conforme posição indicada em (a) da Figura 2. Repita o procedimento para as disposições representadas em (b) e (c). Descreva o que vocês observam (sentem) em relação a interação entre os ímãs em cada uma das situações.

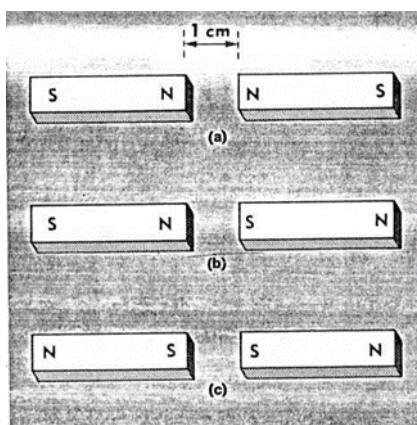


Figura 2 - Interação entre ímãs.  
Fonte: Menezes (1997)

---



---



---

4.4) Agora vamos utilizar o pedaço de ímã de geladeira (borracha imantada). Verifique se ele já foi marcado conforme orientado no item 4.3. Utilizando um estilete (com cuidado para não se cortar), recorte o seu ímã conforme indicado na Figura 3. A cada corte, aproxime as partes cortadas e observe o tipo de interação que se estabelece entre elas. O que você conclui a respeito das partes que foram cortadas do ímã? O que aconteceria se você continuasse cortando o ímã em pedaços cada vez menores? Registre suas observações no espaço abaixo.

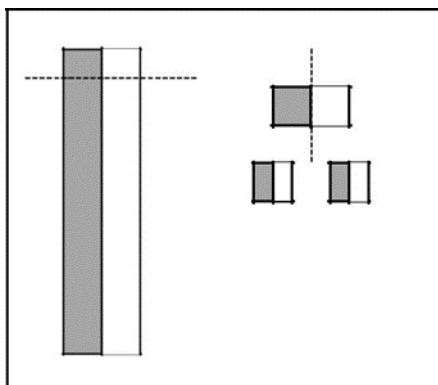


Figura 3 - Recorte do ímã da borracha imantada.  
Fonte: Menezes (1997)

---



---



---



---



---



---

4.5) Com base no que foi observado, retorne à questão inicial e procure rever as hipóteses levantadas no início dessa atividade. Elas continuam válidas? O que mudou?

---



---



---



---



---



---